

ترمودینامیک

۱- گاز ایده‌آلی در دمای 45°C با سرعت $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ وارد یک شیبپور عایق‌کاری شده، می‌شود و در دمای $^{\circ}\text{C}$ آن را ترک می‌کند. سرعت گاز

خروجی چند متر بر ثانیه است؟ ($C_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$)

(۱) ۳۰ (۲) ۱۰۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۳۰۰

۲- کدام یک از خواص زیر متمرکز یا شدتی (Intensive) هستند؟

(۱) انرژی داخلی (۲) دما (۳) فشار (۴) گزینه‌های ۲ و ۳

۳- کدام عبارت صحیح نمی‌باشد؟

(۱) تنها در فرایندهای برگشت‌پذیر کار انجام شده معادل سطح زیر نمودار P-V است.

(۲) برای انجام کار کافی است بر مرز سیستم نیروی خارجی اثر کند و مرز سیستم حرکت کند.

(۳) آنتالپی سیال در فرایند اختناق ثابت نمی‌ماند.

(۴) برای یک سیستم بسته در فرایند پلی‌تروپیک در گاز ایده‌آل و همراه با انتقال گرما داریم $q = \frac{k-n}{1-n} C_v \Delta T$ (ثابت $p v^n =$ فرایند برگشت‌پذیر مکانیکی است).

۴- فرایند تراکم برگشت‌پذیر گازی در داخل سیلندر و پیستون در فشار ثابت مفروض است. مقدار انتقال حرارت بر واحد جرم به شرطی که گاز

داخل سیلندر ایده‌آل باشد، کدام است؟ ($\gamma = \frac{C_p}{C_v}$)

(۱) $q = \frac{kR}{2(1-\gamma)} (T_2 - T_1)$ (۲) $q = \frac{R}{2(1-\gamma)} (T_2 - T_1)$ (۳) $q = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} (T_2 - T_1)$ (۴) $q = \frac{R}{\gamma - 1} (T_2 - T_1)$

۵- برای یک گاز واقعی در فشارهای بسیار کم، کدام مورد درباره گرمای ویژه در فشار ثابت صحیح نیست؟

(۱) با افزایش تعداد اتم‌های مولکول گاز، وابستگی C_D به دما بیشتر خواهد شد.

(۲) C_p گازهای تک اتمی تقریباً ثابت است

(۳) برای گازهای با تعداد اتم یکسان، C_D مستقل از جرم مولکولی گاز است.

(۴) C_D گازهای چند اتمی با افزایش دما، افزایش می‌یابد.

۶- کدام مورد صحیح است؟

(۱) از مزایای چند مرحله‌ای ساختن کمپرسور، نزدیک کردن کار، به کار ایزوترمال است.

(۲) برای یک کمپرسور چند مرحله‌ای داریم: $P_1 = C_R^n P_e$

(۳) با افزایش مراحل کمپرسور، حجم دستگاه افزایش می‌یابد.

(۴) در یک کمپرسور دو مرحله‌ای برای یافتن فشار میانی به شرطی که کل کار معرفی حداقل شود، داریم $P_1 = \sqrt[n]{P_1 P_e}$

۷- برای یک گاز ایده‌آل، $C_p = aT + R$ می‌باشد. شیب نمودار T-S در حجم ثابت، کدام گزینه می‌باشد؟

(۱) $\frac{R}{a}$ (۲) $\frac{a}{R}$ (۳) $\frac{C_v}{R}$ (۴) $\frac{1}{a}$

۸- شیر متصل به یک مخزن خالی را باز می‌کنیم تا سیال وارد مخزن شود. پس از برابر شدن فشار داخل مخزن و فشار خط لوله، شیر را می‌بندیم. در صورتی که دمای سیال داخل مخزن، دو برابر دمای سیال داخل لوله باشد و بازگشت‌ناپذیری صفر باشد، حرارت منتقل شده چقدر خواهد بود؟

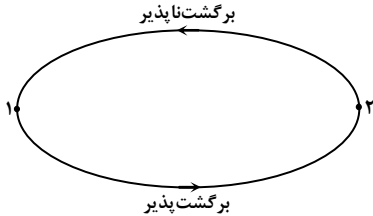
($C_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, $T_0 = 300\text{K}$)

(۱) $210 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ (۲) $-210 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ (۳) $600 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ (۴) $-600 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

۹- در صورتی که دما و فشار یک گاز ایده آل هر دو m برابر شوند، تغییر آنتروپی چقدر است؟ ($C_{V_0} = R$)

- (۱) $-R \ln m$ (۲) $-R \ln m$ (۳) $R \ln m$ (۴) $2R \ln m$

۱۰- سیستمی به صورت هم‌دما و برگشت‌پذیر در دمای $127^\circ C$ از نقطه یک به دو می‌رسد، به طوری که در طی این فرآیند 1000 kJ گرما دریافت می‌کند. چنانچه در مسیر برگشت از حالت ثانویه به اولیه، سیستم به صورت برگشت‌ناپذیر عمل کند، در مورد تغییر آنتروپی مسیر برگشت کدام گزینه صحیح است؟



$$(1) \Delta S = - \int_1^2 \frac{dQ}{T} \text{ مسیر برگشت}$$

$$(2) \Delta S < \int_2^1 \frac{dQ}{T} \text{ مسیر برگشت}$$

$$(3) \Delta S = 2 / \Delta \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \text{ مسیر برگشت}$$

(۴) نمی‌توان اظهار نظر کرد چون فرآیند برگشت‌ناپذیر است.

۱۱- یک سیستم در یک فرآیند برگشت‌پذیر بین دو نقطه ۱ و ۲ جابجا می‌شود؛ (مسیر I). این سیستم بین همان دو نقطه به شکل برگشت‌ناپذیر جابجا می‌شود؛ (مسیر II). کدام یک از روابط زیر در مورد تغییر آنتروپی این دو مسیر درست می‌باشد؟

- (۱) $\Delta S_I > \Delta S_{II}$ (۲) $\Delta S_I < \Delta S_{II}$ (۳) $\Delta S_I + \Delta S_{II} = 0$ (۴) $\Delta S_I = \Delta S_{II}$

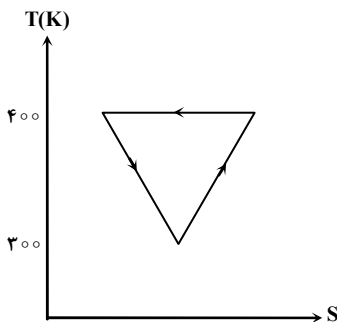
۱۲- ضریب عملکرد برای سیکل تبریدی در شکل زیر چقدر است؟

$$(1) \beta = 3$$

$$(2) \beta = 7$$

$$(3) \beta = 1/7$$

(۴) چون مقدار ΔS مشخص نیست، محاسبه β امکان‌پذیر نمی‌باشد.



۱۳- به چه دلیل در صنعت نفت و گاز، کمپرسورها را چند مرحله‌ای می‌سازند؟

- (۱) نزدیک کردن فرآیند تراکم به فرآیند ایزوترم
(۲) افزایش راندمان کمپرسور به دلیل افزایش کار تولیدی
(۳) کاهش دمای خروجی
(۴) همه موارد

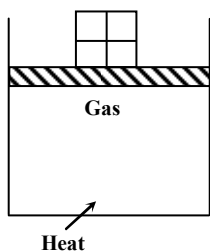
۱۴- یک جسم فلزی به جرم 5 kg و دمای اولیه $327^\circ C$ در محیطی به دمای $27^\circ C$ خنک می‌شود. اگر ظرفیت گرمایی قطعه فلزی $5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$

باشد، تغییرات آنتروپی سیستم و محیط چقدر است؟

- (۱) $\Delta S = -175 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ (۲) $\Delta S = 250 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ (۳) $\Delta S = 75 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ (۴) $\Delta S = 425 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$

۱۵- سیستم شکل زیر را در نظر بگیرید که دارای حجم اولیه 4 m^3 و فشار 200 kPa می‌باشد. به گاز ایده آل زیر پیستون داده می‌شود تا به

حجم نهایی 1 m^3 برسد. اگر در حین حرارت دادن به سیستم، وزنه‌ها به شکلی برداشته شوند که $PV^{1/3} = Cte$ باشد تا به حجم نهایی مورد نظر برسیم، مقدار کار انبساطی تولید شده چقدر است؟



$$(1) 10/2 \text{ kJ}$$

$$(2) 6/4 \text{ kJ}$$

$$(3) 7/3 \text{ kJ}$$

$$(4) 4/3 \text{ kJ}$$

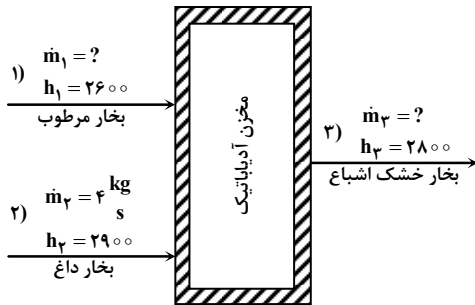
۱۶- آنتروپی گازی از رابطه $S = P^{\gamma} + PT$ پیروی می کند. $P \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)$ برابر کدام گزینه است؟

(۱) $-3P^{\gamma} - 2PT$ (۲) $3P^{\gamma} + 2PT$ (۳) $-P^{\gamma}$ (۴) P^{γ}

۱۷- اگر معادله حالت گازی از رابطه $Z = 1 + B'P$ تبعیت کند، کار تحول ایزوترمال برگشت پذیر است. واحد جرم کدام است؟

(۱) $RTL \ln \frac{V_2}{V_1}$ (۲) $RTB'PL \ln \frac{V_2}{V_1}$ (۳) $RTB'PL \ln \frac{P_1}{P_2}$ (۴) $RTL \ln \frac{P_1}{P_2}$

۱۸- جریانی از بخار داغ با شدت $4 \frac{kg}{s}$ و جریان دیگری از بخار مرطوب وارد یک مخزن اختلاط آدیاباتیک شده و جریان بخار آب خشک از مخلوط کننده خارج می شود. شدت جرمی جریان بخار مرطوب و بخار آب خشک اشباع به ترتیب چقدر خواهد بود؟



(۱) $\dot{m}_3 = 4 \frac{kg}{s}$ و $\dot{m}_1 = 2 \frac{kg}{s}$

(۲) $\dot{m}_3 = 10 \frac{kg}{s}$ و $\dot{m}_1 = 6 \frac{kg}{s}$

(۳) $\dot{m}_3 = 8 \frac{kg}{s}$ و $\dot{m}_1 = 4 \frac{kg}{s}$

(۴) $\dot{m}_3 = 6 \frac{kg}{s}$ و $\dot{m}_1 = 2 \frac{kg}{s}$

۱۹- کدام عبارت در مورد یک ماشین گرمایی (Heat Engine) برگشت پذیر، طبق اصل کارنو (Carnot) صحیح می باشد؟

(۱) نوع سیال به کار رفته بر راندمان ماشین مؤثر است.

(۲) راندمان به نوع سیال به کار رفته بستگی نداشته و فقط تابع دمای دو منبع گرم و سرد می باشد.

(۳) استفاده از بخار داغ نسبت به سیالات دیگر ارجحیت دارد.

(۴) با کاهش تلفات انرژی می توان راندمان را به ۱۰۰ درصد نزدیک کرد.

۲۰- چه وقت از رابطه $dh = C_p dT$ در محاسبه تغییرات آنتالپی می توان استفاده نمود؟

(۲) در فرآیندهای حجم ثابت و گاز ایده آل

(۱) در فرآیندهای فشار ثابت و گاز ایده آل

(۴) در فرآیندهای حجم ثابت و سیالات تراکم ناپذیر

(۳) در فرآیندهای فشار ثابت و سیالات تراکم ناپذیر

ترمودینامیک

۱ - گزینه «۴»

این سؤال قانون اول ترمودینامیک را برای فرآیندهای جاری در حالت فرآیند حالت پایدار - جریان پایدار یعنی - (SSSF) Steady State مطرح می‌کند. سیستم‌های SSSF سیستم‌هایی هستند که در آنها هم جرم ورودی داریم و هم جرم خروجی ولی تغییرات جرم درون سیستم با زمان مشاهده نمی‌شود. در این حالت به جای انرژی داخلی در قانون اول سیستم‌های بسته، آنتالپی قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر در سیستم‌های SSSF شرایط در تمام نقاط نسبت به زمان ثابت است.

$$q + \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gZ_i \right) = W + \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gZ_e \right)$$

i جریان ورودی / e جریان خروجی

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_e \quad \text{معادله پیوستگی}$$

در این مسأله:

۱) $q = 0$

۲) $W = 0$

۳) $\dot{m}_e = \dot{m}_i \Rightarrow m_e = m_i = m$ چون فقط یک جریان ورودی و یک جریان خروجی داریم.

۴) $Z_e = Z_i \rightarrow$ اختلاف ارتفاع نداریم.

$$\Rightarrow h_i + \frac{V_i^2}{2} = h_e + \frac{V_e^2}{2} \Rightarrow \frac{V_e^2}{2} = (h_i - h_e) + \frac{V_i^2}{2} \Rightarrow V_e^2 = 2C_p(T_i - T_e) + V_i^2$$

$$\Rightarrow V_e^2 = 2 \times 1000 \times (45 - 0) + (10)^2 \Rightarrow V_e = 300/2 \frac{m}{s}$$

نکات:

۱- واحد C_D حتماً باید $\frac{J}{kg.K}$ باشد.

۲- در گاز ایده آل $\Delta H = C_p \Delta T$

۳- $\Delta T)_K = \Delta T)_C$

۴- Δ بیانگر اختلاف خروجی با ورودی برای هر کمیت است.

* قانون اول ترمودینامیک درباره سیستم‌های SSSF و USUF بسیار مهم است.

۲- گزینه «۴»

برخی از مفاهیم اساسی ترمودینامیکی عبارتند از: خاصیت (متمركز - غیرمتمركز)، توابع حالت، توابع مسیر که در این سؤال به مفهوم خاصیت پرداخته شده است.

خاصیت

هرگونه مشخصه قابل مشاهده یا قابل اندازه‌گیری یک سیستم را خاصیت آن می‌گوییم. مثلاً برای یک سیستم ترمودینامیکی، ρ, P, T و ... خاصیت‌های آن محسوب می‌شوند. در ترمودینامیک دو نوع خاصیت داریم:

۱- خاصیت متمركز یا شدتی (Intensive): خواص متمركز مستقل از مقدار ماده است. مثل: دما، فشار، حجم ویژه، انرژی داخلی ویژه

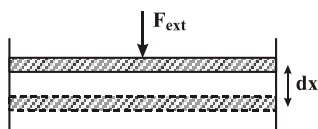
۲- خاصیت غیرمتمركز یا مقداری (Extensive): خواص غیرمتمركز بستگی به مقدار ماده دارد. مثل: حجم، جرم، انرژی داخلی، آنتالپی

نکات

۱- انرژی داخلی ویژه \leftarrow Intensive

۲- انرژی داخلی \leftarrow Extensive (انرژی مولکول‌های سازنده ماده)

۳- گزینه «۳»



$$\left. \begin{aligned} w &= \int F_{\text{ext}} \cdot dt \\ P_{\text{ext}} &= \frac{F_{\text{ext}}}{A} \end{aligned} \right\} \Rightarrow w = \int P_{\text{ext}} A dx$$

مطابق متن درس داریم:

که A سطح پیستون و dx میزان جابجایی مرز سیستم می‌باشد.

P_{ext} فشار مطلق خارجی و همواره مثبت است و تنها در فرایند شبه تعادلی معادل فشار گاز داخل است. بنابراین می‌توان نوشت $w = \int P dv$

بنابراین گزینه‌های ۱ و ۲ صحیح هستند. در فرایند اختناق $h_i = h_e$ بوده و این به معنی ثابت بودن آنتالپی است.

برای یک سیستم بسته در فرایند پلی تروپیک همراه با انتقال گرما داریم:

$$w = \frac{R(T_2 - T_1)}{1 - n} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - n} = \frac{k - 1}{1 - n} \Delta u, n \neq 1, \Delta u = q - w \Rightarrow$$

$$q = \Delta u \left(\frac{k - 1}{1 - n} + \frac{1 - n}{1 - n} \right) \Rightarrow q = \frac{k - n}{1 - n} C_V \Delta T$$

۴- گزینه «۳»

پنج فرآیند مهم برای گاز ایده آل عبارتند از:

۱- فرآیند حجم ثابت (ایزومتر)

۲- فرآیند فشار ثابت (ایزوبار)

۳- فرآیند هم دما (ایزوترم)

۴- فرآیند آدیاباتیک

۵- فرآیند پلی تروپیک

به دلیل آن که انرژی داخلی یک گاز ایده آل فقط تابعی از دماست لذا آنتالپی و ظرفیت گرمایی در فشار ثابت نیز فقط تابعی از دما می باشد.

$$Q = \Delta H = n \int C_p dT \quad (n \text{ تعداد مول ها})$$

بنابراین در فرآیندهای فشار متغیر، تغییر آنتالپی دیگر برابر Q نخواهد بود.

از طرفی در یک فرآیند برگشت پذیر و فشار ثابت (چه انبساط و چه تراکم) کار برابر است با:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = P(V_2 - V_1)$$

$$\Delta u = Q - W \Rightarrow Q = (u_2 - u_1) + P(V_2 - V_1)$$

$$\left. \begin{aligned} Q &= C_p \Delta T = C_p (T_2 - T_1) \\ C_p &= \frac{R\gamma}{\gamma - 1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow Q = \frac{R\gamma}{\gamma - 1} (T_2 - T_1)$$

نکته: کاربرد در کنکور

می دانیم:

$$\left\{ \begin{aligned} C_p - C_v &= R \\ \frac{C_p}{C_v} &= \gamma \end{aligned} \right. \xrightarrow{\text{دو معادله دو مجهول}} C_p = \frac{R\gamma}{\gamma - 1} \text{ و } C_v = \frac{R}{\gamma - 1}$$

چون گاز ایده آل است رابطه $C_p - C_v = R$ برقرار است ولی اگر این رابطه برقرار بود لزوماً گاز ایده آل نیست.

۵ - گزینه «۳»

دو نوع ظرفیت گرمایی داریم:

۱- ظرفیت گرمایی در حجم ثابت C_V

۲- ظرفیت گرمایی در فشار ثابت C_P

مقدار گرمایی که برای ایجاد یک تغییر حالت مشخص در یک سیستم باید اضافه شود بستگی به چگونگی انجام فرآیند دارد. تنها برای یک فرآیند برگشت پذیر با مسیر مشخص ممکن است این مقدار گرما با یک خاصیت سیستم مرتبط شود.

گزینه ۱ درست ← با افزایش جرم مولکولی گاز، وابستگی C_P به دما افزایش می یابد.

گزینه ۲ درست ← یک گاز یک اتمی مثل $He-Ne-Ar$ که از اتم های منفرد تشکیل می شود فاقد انرژی ارتعاشی است و لذا تغییرات ظرفیت گرمایی در محدوده وسیعی از درجه حرارت ناچیز است.

گزینه ۴ درست ← یک گاز دو اتمی مثل H_2-O_2 یک مدار ارتعاشی دارد و میزان ظرفیت گرمایی آن نسبت به درجه حرارت افزایش خواهد یافت. در یک گاز چند اتمی مثل CO_2-H_2O افزایش ظرفیت گرمایی نسبت به درجه حرارت بیشتر خواهد شد و این ناشی از مدارهای ارتعاشی اضافی مولکول های چند اتمی است.

* مفروضات دانشجوی و تشخیص درست مفاهیم و افعال به کار رفته در گزینه ها باعث انتخاب صحیح گزینه درست می شود.

۶ - گزینه «۱»

مطابق متن درس داریم:

از مزایای چند مرحله ای ساختن کمپرسور عبارتند از:

۱) نزدیک کردن کار به کار ایزوترمال

۲) حداقل کردن کار مصرفی

۳) کم کردن هزینه خرید

۴) بالا بردن راندمان کمپرسور

همچنین فشار میانی به شرط حداقل شدن کل کار برابر ریشه دوم حاصلضرب فشار اولیه و نهایی بوده و نیز رابطه میان فشار اولیه و نهایی با نسبت

$$\text{تراکم } (C_R) \text{ مطابق } C_R^n = \frac{P_c}{P} \text{ است.}$$

۷- گزینه «۴»

محاسبه تغییرات آنتروپی در ۲ حالت:

$$۱) S = S(T, P) \rightarrow dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T dP, dh = TdS + VdP$$

$$\left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P + \circ \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P = \frac{C_P}{T}$$

شیب خط مماس بر منحنی S-T روی خط فشار ثابت برابر است با $\frac{C_P}{T}$.

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \Rightarrow dS = \frac{C_P}{T} dT - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dP$$

$$۲) S = S(T, V) \rightarrow dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T dV, du = TdS - PdV$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_V = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V + \circ \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{C_V}{T}$$

شیب خط مماس بر منحنی S-T روی خط حجم ثابت برابر است با $\frac{C_V}{T}$.

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \Rightarrow \begin{cases} dS = \frac{C_V}{T} dT + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV \xrightarrow{\text{ثابت } V} \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V = \frac{T}{C_V} \\ C_P - C_V = R \\ C_P = aT + R \end{cases} \Rightarrow C_V = aT \Rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V = \frac{T}{aT} = \frac{1}{a}$$

$\left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V$: شیب نمودار T-S در حجم ثابت می باشد.

* در ذهن داشتن روابط ماکسول برای آنتروپی و تعریف درست مفاهیم که براساس آن مشتق گیری صحیح انجام شود نکته اصلی این سؤال می باشد چرا که در صورت عدم به یاد داشتن روابط ماکسول، دانشجو باید قادر باشد در مدت زمان محدود این روابط را اثبات کرده و بدست آورد.

۸- گزینه «۱»

فرآیند حالت یکنواخت - جریان یکنواخت (Uniform State - Uniform Flow) در فرآیندهای USUF می توانیم هم ورود و هم خروج جرم را داشته باشیم و در ضمن درون سیستم هم تغییرات جرم با زمان مشاهده می شود. در این فرآیند حتی می توانیم ورود یا خروج جرم را به تنهایی داشته باشیم. فرض های اصلی در این فرآیند عبارتند از:

۱- حالت جرم در حجم کنترل می تواند در طول زمان تغییر یابد ولی در هر لحظه حالت در تمامی حجم کنترل به صورت یکنواخت می باشد.

۲- حالت جرم عبورکننده از هر ناحیه روی سطح کنترل در طول زمان ثابت است اگرچه ممکن است دبی جرمی نسبت به زمان تغییر کند.

$$I = T_o (\sum m_e S_e - \sum m_i S_i + m_r S_r - m_l S_l) - \dot{Q}_{C.V}$$

در یک فرآیند USUF بازگشت ناپذیری برابر است با:

در این مسأله یک جریان ورودی داریم و خروجی نداریم. در ابتدا نیز مخزن خالی بوده است.

$$m_e = 0, m_l = 0, m_r = m_i \Rightarrow I = T_o (S_r - S_i) - Q_{C.V}$$

$$\Rightarrow S_r - S_i = C_P \ln \frac{T_r}{T_i}$$

$$I = C_P T_o \ln \frac{T_r}{T_i} - Q_{C.V} \xrightarrow{I=0} Q_{C.V} = 1 \times 300 \times \ln 2 = 210 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

حرارت انتقال یافته

* دقت دانشجو در محاسبه و مفهوم + یا - بودن حرارت انتقال یافته یا حرارت ورودی به سیستم و رعایت دیمانسیون پارامترها نکته مهم در این تست می باشد.

۹- گزینه «۳»

در سؤال شماره ۵۲ روابط dS را اثبات کردیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} dS = \frac{C_P}{T} dT - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dP \\ dS = \frac{C_V}{T} dT + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{اگر گاز ایده‌آل باشد}} V = \frac{RT}{P} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} dS = \frac{C_P}{T} dT - \frac{R}{P} dP \\ dS = \frac{C_V}{T} dT + \frac{R}{V} dV \end{array} \right.$$

نکته: تغییر آنتروپی گاز ایده‌آل در یک فرآیند ایزوثرم به جنس گاز بستگی ندارد، چون:

$$T_1 = T_2 \Rightarrow \ln \frac{T_2}{T_1} = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta S = C_P \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \\ \Delta S = C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \end{array} \right.$$

در این مسأله:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta S = C_{P_o} \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \\ C_{P_o} - C_{V_o} = R \xrightarrow{C_{V_o} = R} \begin{array}{l} C_{P_o} = 2R \\ P_2 = mP_1 \end{array} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta S = 2R \ln m - R \ln m \Rightarrow \Delta S = R \ln m$$

۱۰- گزینه «۱»

بهترین بیان از قانون دوم ترمودینامیک: اصل افزایش آنتروپی برای سیستم بسته / فرآیندهایی قابل انجام هستند که مجموع تغییرات آنتروپی سیستم و محیط بزرگتر یا مساوی صفر باشد. این اصل را اصل افزایش آنتروپی می‌نامیم یعنی یک فرآیند همواره در جهتی شکل می‌گیرد که مجموع تغییرات آنتروپی سیستم و محیط بزرگتر مساوی صفر باشد.

فرض: $(T_o > T)$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta S_{\text{sys}} \geq \frac{Q}{T} \\ \Delta S_{\text{surr}} = -\frac{Q}{T_o} \text{ به محیط گرما داده شده} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} \geq Q \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right) \Rightarrow \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} \geq 0$$

مساوی ← برگشت‌پذیر

بزرگ‌تر ← برگشت‌ناپذیر

در این مسأله:

$$\Delta S_{\text{کل}} = \Delta S_{\text{(رفت)}} + \Delta S_{\text{(برگشت)}} = 0$$

$$\Delta S_{\text{(رفت)}} = -\Delta S_{\text{(برگشت)}} \Rightarrow \Delta S_{\text{(برگشت)}} = -\int_1^2 \frac{dQ}{T} = \frac{-1000}{400} = -2.5 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$(T = 127 + 273 = 400^\circ \text{K})$$

و چون مسیر برگشت، بازگشتناپذیر است، پس: $\Delta S > \int_2^1 \frac{dQ}{T}$. به عبارت روشن‌تر تغییر آنتروپی از حالت ۲ به حالت ۱، بزرگتر از میزان انتگرال

$\frac{dQ}{T}$ از نقطه ۲ به ۱ است، چرا که فرآیند ۲ به ۱ بازگشتناپذیر است. از آنجایی که سیال یک چرخه را طی می‌کند (از ۱ به ۲ و از ۲ به ۱) و تغییر آنتروپی در یک چرخه صفر است (چرا که آنتروپی تابع حالت است و حالات ابتدایی و نهایی در چرخه یکسان است)؛ پس باید تغییر آنتروپی در مسیر برگشت از لحاظ اندازه برابر تغییر آنتروپی مسیر رفت باشد ولی از لحاظ جهت مخالف آن باشد.

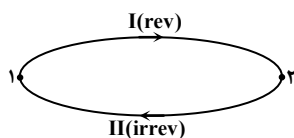
* مفهوم ΔS_{SUS} و ΔS_{SYS} و کران‌های بالا و پایین انتگرال که تغییر در آنها منجر به تغییر در علامت مقدار بدست آمده می‌شود، هدف اصلی این تست است.

۱۱- گزینه «۴»

گزینه ۱ و ۳ اصلاً نمیتوانند درست باشند چون تغییر آنتروپی یک فرآیند برگشتناپذیر در مقایسه با فرآیند برگشت‌پذیر بیشتر است، پس احتمالاً گزینه ۲ درست خواهد بود اما باید دقت کرد که گزینه ۲ هم غلط است. چون در این مسأله حالت اولیه و ثانویه عین هم می‌باشد. (برعکس مسأله سیلندر و پیستون که حالت اولیه یکسان است ولی حالت ثانویه یکسان نیست و در آن مسأله گزینه ۲ درست است).

نکته مهم در مفهوم ΔS :

این جمله که می‌گویند ΔS مسیر بازگشتناپذیر از ΔS مسیر بازگشت‌پذیر بیشتر است فقط در صورتی درست است که نقطه شروع و پایان دو فرآیند یکسان نباشد که در این صورت فرآیند بازگشتناپذیر آنتروپی را افزایش می‌دهد.



شرایط ثانویه یکسان نباشد $\Delta S_{\text{I}} < \Delta S_{\text{II}}$ گزینه ۲.

شرایط ثانویه یکسان باشد $\Delta S_{\text{I}} = \Delta S_{\text{II}}$ گزینه ۴.

۱۲- گزینه «۲»

منحنی T-S در سیکل تبریدی کارنو:

۱- سیکل‌های توانی ← گرمایش تولید می‌کنند ← در جهت عقربه‌های ساعت

۲- سیکل‌های تبریدی ← سرمایش تولید می‌کنند ← در خلاف جهت عقربه‌های ساعت

نکته مهم در محاسبات:

$$Q_L = W_C - Q_H = \text{اختلاف دو مساحت‌ها} \left\{ \begin{array}{l} W_C = \text{مساحت سیکل بسته} \\ Q_H = \text{بزرگ‌ترین مساحت زیر نمودار} \end{array} \right.$$

$$\beta = \frac{Q_L}{W_C} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \rightarrow \text{برای سیکل کارنو}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{ارتفاع} \times \text{عرض} = \Delta S \times (400 - 300) = 50 \Delta S \\ \text{مساحت مثلث متساوی‌الاضلاع} = W_C = \frac{2}{2} = 50 \Delta S \\ Q_H = \text{مساحت مستطیل} = \text{بزرگ‌ترین مساحت زیر نمودار} = 400 \times \Delta S \end{array} \right\} \Rightarrow Q_L = Q_H - W_C = 50 \Delta S - 400 \Delta S$$

$$\Rightarrow Q_L = -350 \Delta S$$

$$\beta = \frac{-350 \Delta S}{50 \Delta S} = -7 \Rightarrow |\beta| = |-7| = 7$$

توجه: این نوع سؤالات بیشتر در مهندسی مکانیک مطرح می‌شود البته تعریف دقیق Q_H , W_C و Q_L در علامت و مقدار درست جواب بدست آمده بی‌تأثیر نیست.

۱۳- گزینه «۴»

چرا کمپرسورها را چند مرحله‌ای می‌سازیم؟

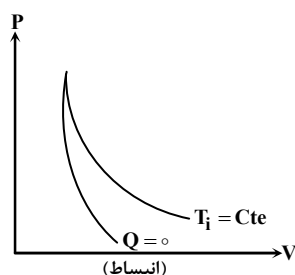
۱- با چند مرحله‌ای ساختن کمپرسورها می‌خواهیم فرآیند تراکم را به فرآیند ایزوثرم نزدیک کنیم چون فرآیندهای تراکم ایزوثرم کار مصرفی کمتری در مقایسه با آدیاباتیک مصرف و کار تولیدی بیشتری، تولید می‌کنند.

۲- افزایش راندمان کمپرسور به دلیل کم شدن کار مصرفی

۳- کاهش هزینه خرید دستگاه

۴- کاهش حجم دستگاه مورد نیاز

۵- کاهش دمای خروجی



نکته

برای توربین‌ها نیز قوانین فوق برقرار است فقط در توربین، گازها منبسط می‌شوند و همچنین بین مراحل از گرم‌کن استفاده می‌کنیم. زیرا در اثر انبساط دما کاهش یافته و لذا در هر مرحله باید گاز را تا دمای ورودی (T_i) آن گرم کنیم. در حالی که در اثر تراکم در کمپرسورها دما افزایش یافته و لذا در هر مرحله باید گاز را تا دمای ورودی آن (T_i) سرد کنیم.

* تفاوت بین فرآیندهای متداول گازی که در توربین و کمپرسور و نحوه عملیات فرآیندی آنها تأثیرگذار است باید در پاسخ این سؤال در نظر گرفته شود.

۱۴- گزینه «۳»

محاسبه تغییر آنتروپی مایعات و جامدات

۱- برای مایعات و جامدات تغییرات حجم در مقابل دما بسیار ناچیز است.

۲- برای مایعات و جامدات، C_p و C_v تقریباً با هم برابر هستند

نتیجه دو عامل بالا برابر است با: ظرفیت گرمایی $C_p = C_v = C$

$$\left. \begin{aligned} ds &= C_p \frac{dT}{T} - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dP \\ ۱) \Rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P &= 0 \\ ۲) \Rightarrow C_p &\approx C_v = C \end{aligned} \right\} \Rightarrow dS = C \frac{dT}{T} \Rightarrow \Delta S = CLn \frac{T_2}{T_1} \left(\frac{kJ}{kg \cdot K} \right)$$

(تغییرات آنتروپی به ازای واحد جرم)

$$\Delta S = mCLn \frac{T_2}{T_1} \left(\frac{kJ}{K} \right) \Rightarrow \text{تغییرات آنتروپی به ازای جرم } m \text{ کیلوگرم}$$

در این مسأله:

چون محیط خیلی از سیستم بزرگتر است در نتیجه هر چقدر سیستم به محیط گرما دهد، دما به محیط برمیگردد ولی دمای محیط تغییر نخواهد کرد. (کره داغ در دریا دمای آب را تغییر نمی‌دهد).

$$m = 50 \text{ kg} \quad T_1 = 327^\circ \text{C} \quad T_2 = 27^\circ \text{C} \quad C = 5 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

نکته: دما باید مطلق باشد (بر حسب K).

$$\Delta S_{sys} = mCLn \frac{T_2}{T_1} = 50 \text{ kg} \times 5 \frac{kJ}{kg \cdot K} Ln \frac{27 + 273}{327 + 273}$$

$$\Delta S_{sys} = 250 Ln 0.08 = 250 (-0.9) \Rightarrow \Delta S_{sys} = -175 \frac{kJ}{K}$$

میزان حرارتی که جسم فلزی از دست می‌دهد توسط محیط جذب می‌شود.

$$Q = mC\Delta T = 50 \text{ kg} \times 5 \frac{kJ}{kg \cdot K} (27 - 327) = 250 (-300) kJ$$

این Q به محیط داده می‌شود لذا علامت (-) دارد به طوری که محیط این گرما را از سیستم می‌گیرد لذا در محیط Q مثبت خواهد بود.

$$\Delta S_{محیط} = \frac{Q}{T_o} = \frac{+250 \times 300}{27 + 273} = +250 \frac{kJ}{K}$$

مجموع تغییرات آنتروپی سیستم و محیط را تغییر خالص آنتروپی یا تولید آنتروپی می‌نامیم:

$$\Delta S_{net} = S_G (\text{Entropy Generation}) = \Delta S_{sys} + \Delta S_{surr} = 250 - 175 = +75 \frac{kJ}{K}$$

$$S_G > 0 \text{ فرآیند برگشتناپذیر}$$

$$S_G = 0 \text{ فرآیند برگشت پذیر}$$

نکته: همواره $S_G \geq 0$

۱۵- گزینه «۴»

محاسبه کار در فرآیندهای پلی تروپیک

$$PV^n = Cte = C$$

$$W = \int_1^2 P dV = \int_1^2 C V^{-n} dV = C \left[\frac{V^{-n+1}}{-n+1} \right]_1^2 = C \left(\frac{V_2^{1-n} - V_1^{1-n}}{1-n} \right) = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n} = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{n-1}$$

$$\Rightarrow W = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{n-1} = \frac{R(T_1 - T_2)}{n-1} \text{ فرآیندهای برگشت پذیر که توأم با انتقال حرارت هستند.}$$

روابط مهم

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^n \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1}$$

در این مسأله:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^n \Rightarrow P_2 = 200 \left(\frac{0.04}{0.1} \right)^{1/3} = 108.6 \text{ kPa} \Rightarrow W = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n} = \frac{108.6/6 \times 0.1 - 200 \times 0.04}{1 - \frac{1}{3}} \Rightarrow W = 4.29 \text{ kJ}$$

* روابط P و V و T در فرآیندهای پلی تروپیک بسیار مهم است.

۱۶- گزینه «۴»

$$dA = -PdV - SdT \Rightarrow \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_P = -P \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - S$$

طبق روابط ماکسول:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = - \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T \Rightarrow \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_P = P \frac{\partial S}{\partial P} - S$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_P = P(\alpha P + T) - (P\alpha + PT) = P\alpha$$

۱۷- گزینه «۴»

کار در فرایند برگشت پذیر مطابق روبرو خواهد بود:

$$W = \int P dV \quad \left. \begin{aligned} \frac{PV}{RT} = 1 + B'P \Rightarrow P \left[\frac{V}{RT} - B' \right] = 1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow w = \int \frac{dV}{\frac{V}{RT} - B'}$$

$$W = RT \int \frac{dv}{V - B'RT} \Rightarrow W = RT \ln \frac{V_2 - B'RT}{V_1 - B'RT} \quad (1)$$

$$\frac{PV}{RT} = 1 + B'P \Rightarrow P\left(\frac{V}{RT} - B'\right) = 1 \Rightarrow P = \frac{RT}{V - B'RT} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = \frac{RT}{V_1 - B'RT} \\ P_2 = \frac{RT}{V_2 - B'RT} \end{cases} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2 - B'RT}{V_1 - B'RT} \quad (2)$$

با توجه به (۱) و (۲) داریم:

$$w = RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

۱۸- گزینه «۴»

$$\begin{cases} \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \\ \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{m}_1 + 4 = \dot{m}_3 \\ (\dot{m}_1 \times 2600) + (4 \times 2900) = (\dot{m}_3 \times 2800) \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2600\dot{m}_1 + 11600 = 2800(4 + \dot{m}_1) \Rightarrow -2600\dot{m}_1 + 2800\dot{m}_1 = 11600 - 11200 \Rightarrow 200\dot{m}_1 = 400 \Rightarrow \dot{m}_1 = 2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_1 + 4 = \dot{m}_3 \Rightarrow 2 + 4 \Rightarrow \dot{m}_3 = 6 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

نکته تستی: باید رابطه $\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$ در همه گزینه‌ها برقرار باشد که گزینه‌های ۲ و ۳ و ۴ دارای این شرایط هستند و لذا باید حل کامل با دقت انجام شود.

۱۹- گزینه «۲»

چرخه کارنو (Carnot Cycle)

چون چرخه موتور گرمایی کارنو برگشت‌پذیر است، هر فرآیند می‌تواند برگشت‌پذیر باشد که در این حالت موتور می‌تواند یخچال شود. نکته مهم آن است که چرخه کارنو بدون توجه به نوع سیال عامل همواره چهار فرآیند یکسان دارد که این فرآیندها عبارتند از:

- ۱- فرآیند هم‌دمای برگشت‌پذیر که در آن گرما به منبع دما بالا انتقال یافته و یا از آن گرفته می‌شود.
- ۲- فرآیند آدیاباتیک برگشت‌پذیر که در آن دمای سیال عامل از دمای بالا به دمای پایین کاهش می‌یابد.
- ۳- فرآیند آدیاباتیک برگشت‌پذیری که در آن دمای سیال عامل از دمای پایین به دمای بالا افزایش می‌یابد.
- ۴- فرآیند هم‌دمای برگشت‌پذیر که در آن گرما از منبع دما پایین گرفته شده یا به آن انتقال می‌یابد.

$$\text{در سیکل کارنو: } \frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$$

$\eta = \eta_c \leftarrow$ سیکل برگشت‌پذیر، ایده‌آل و یا کارنو است.

$\eta > \eta_c \leftarrow$ سیکل غیرممکن است.

$\eta < \eta_c \leftarrow$ سیکل امکان‌پذیر، بازگشت‌ناپذیر و یا واقعی است.

$$\eta = \frac{w}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \Rightarrow \eta_c = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\beta = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1} \Rightarrow \beta_c = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1}$$

نکات

۱- تحلیل β شبیه η است.

۲- غیرممکن است موتور گرمایی بسازیم که بین دو منبع معلوم عمل کند و کارآمدتر از موتور برگشت پذیری باشد که بین همان دو منبع عمل کند.

۳- تمام موتورهایی که براساس چرخه کارنو بین دو منبع دما ثابت معلوم عمل می کنند، بازده یکسانی دارند.

۴- کارایی سیکل کارنو مستقل از نوع سیال عامل می باشد.

* مفهوم و تشخیص سیکل کارنو در کنکور اهمیت زیادی دارد.

۲۰- گزینه «۱»

محاسبه تعریف آنتالپی dh

$$h = h(T, P) \Rightarrow dh = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T dP$$

C_P و C_V یک ماده تابع مسیر نیست چون آنتالپی و انرژی داخلی تابع مسیر نیستند بلکه تابع حالت طبق تعریف یا نقطه ای هستند.

$$\text{طبق تعریف: } C_P = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P$$

$$dh = TdS + VdP \xrightarrow{\div \partial P} \left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T = T\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T + V$$

در آزمایشگاه تغییر آنتروپی را نمی توان اندازه گرفت پس باید تغییر حجم را با دما اندازه بگیریم یعنی آنتروپی که یک کمیت غیر قابل اندازه گیری است با سه کمیت T و P و V قابل اندازه گیری محاسبه شود به این ترتیب ۲ رابطه مهم داریم:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \\ \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = -\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \end{cases} \Rightarrow \left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \Rightarrow dh = C_P dT + \left[V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \right] dP$$

$$۱- \text{ در فرآیندهای فشار ثابت } P = Cte \Rightarrow dP = 0 \Rightarrow dh = C_P dT$$

$$۲- \text{ در گاز ایده آل } V = \frac{RT}{P} \Rightarrow dh = C_P dT + \left[V - T \times \frac{R}{P} \right] dP \Rightarrow dh = C_P dT$$

ترمودینامیک

۱- اگر از معادله حالت $V - b = \frac{RT}{P} - \frac{a}{RT}$ برای محاسبه ضریب فوگاسیته استفاده شود، کدام رابطه برقرار است؟

$$\text{Ln}\phi = \frac{P}{RT} \left(\frac{a}{RT} - b \right) \quad (۴) \quad \text{Ln}\phi = \frac{P}{RT} \left(b - \frac{a}{RT} \right) \quad (۳) \quad \text{Ln}\phi = \frac{RT}{P} \left(\frac{a}{RT} - b \right) \quad (۲) \quad \text{Ln}\phi = \frac{RT}{P} \left(b - \frac{a}{RT} \right) \quad (۱)$$

۲- حجم محلولی توسط رابطه $V = 5 + 2x_1 - x_1^2$ داده شده است. مقدار \bar{V}_1 در $x_1 = 0.2$ کدام است؟

$$6/62 \quad (۴) \quad 6/26 \quad (۳) \quad 6/46 \quad (۲) \quad 6/64 \quad (۱)$$

۳- ضریب فوگاسیته هر گاز حقیقی:

- (۱) همواره کوچکتر از یک می باشد.
(۲) همواره بزرگتر از یک می باشد.
(۳) ممکن است بزرگتر یا کوچکتر از یک باشد.
(۴) مستقل از جنس گاز و فقط تابع فشار می باشد.

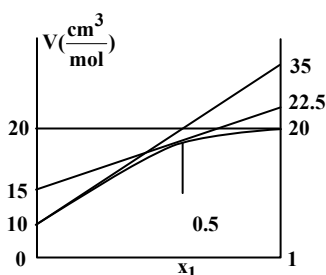
۴- کدام رابطه بیانگر پتانسیل شیمیایی (μ) می باشد؟

$$\left[\frac{\partial(nh)}{\partial n_i} \right]_{ns,P,n_i} \quad (۴) \quad \left[\frac{\partial(nv)}{\partial n_i} \right]_{ns,nv,T} \quad (۳) \quad \left[\frac{\partial(nA)}{\partial n_i} \right]_{ns,P,T} \quad (۲) \quad \left[\frac{\partial(nv)}{\partial n_i} \right]_{T,P,n_i} \quad (۱)$$

۵- طبق قانون آمگات، خواص هر سازنده در مخلوط برابر خواص آن ماده در حالت خالص و در است.

- (۱) دما و فشار سیستم (۲) فشار و حجم سیستم (۳) دما و حجم سیستم (۴) دما و فشار و حجم سیستم

۶- در شکل، نمودار $V - x_1$ مشاهده می شود. مقدار حجم مخلوط در $x_1 = 0.5$ چقدر است؟



$$17/5 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \quad (۲) \quad 15 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \quad (۱)$$

$$27/5 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \quad (۴) \quad 18/75 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \quad (۳)$$

۷- ضریب فوگاسیته یک مخلوط دوتایی از گازها توسط معادله $\ln \phi = (1 + y_2)y_1y_2$ داده شده است. کدام گزینه در مورد \hat{f}_1 صحیح می باشد؟

$$\hat{f}_1 = y_1 P \exp[y_1^2(1 + 2y_2)] \quad (1)$$

$$\hat{f}_1 = y_1 P \exp(\epsilon y_1^2 - \epsilon y_1 - 2y_1^3 + 2) \quad (2)$$

$$\hat{f}_1 = y_1 P \exp(2y_1^3) \quad (3)$$

$$\hat{f}_1 = y_1 \exp(\epsilon y_1^2 - 2y_1^3 + 2) \quad (4)$$

۸- در یک مخلوط دوجزئی ($x_1 = x_2$) در دمای 25°C مقادیر فوگاسیته اجزا در داخل محلول به ترتیب $\hat{f}_1 = 2\text{atm}$ و $\hat{f}_2 = 1\text{atm}$ می باشد. مقدار فوگاسیته کل مخلوط دوجزئی کدام است؟

$$\sqrt{2} \quad (1)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \quad (2)$$

$$\sqrt[3]{4} \quad (3)$$

$$2\sqrt{2} \quad (4)$$

۹- یک محلول دوتایی مرکب از $11/6\text{kg}$ بوتان (C_4H_{10}) و $4/4\text{kg}$ پروپان (C_3H_8) تحت شرایط معینی موجود است. حجم مولی جزیی بوتان

$$\frac{\text{lit}}{\text{mol}} \quad (1)$$

$$\frac{\text{lit}}{\text{mol}} \quad (2)$$

$$160 \quad (3)$$

$$64 \quad (4)$$

۱۰- برای یک مخلوط دوجزیی اطلاعات زیر در دسترس است. مخلوطی از این دو ماده با جزء مولی مساوی دارای آنتالپی 10kJ می باشد. حجم این مخلوط برحسب سانتی متر مکعب کدام است؟

$$10\text{cm}^3 \quad (1)$$

$$20\text{cm}^3 \quad (2)$$

$$30\text{cm}^3 \quad (3)$$

$$60\text{cm}^3 \quad (4)$$

$$\bar{v}_i \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \right)$$

$$\bar{h}_i \left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$$

جزء مایع

$$\bar{v}_i \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \right)$$

$$\bar{h}_i \left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$$

بنزن

$$1$$

$$0/35$$

تولون

$$2$$

$$0/65$$

۱۱- در مورد معادله حالت واندروالس کدام حکم برقرار است؟

(۱) پارامترهای این معادله (b, a) فقط تابع دما هستند.

(۲) در شرایط دما و فشار نقصانی یکسان (T_r, P_r) همه اجسام خالص ضریب تراکم پذیری یکسان دارند.

(۳) در شرایط تعادل دوفازی مایع و بخار، همواره ۳ جواب حقیقی برای ضریب تراکم پذیری وجود دارد.

(۴) قادر به محاسبه فشار بخار اشباع مایعات خالص نیست.

۱۲- در دما و فشار ثابت، آنتالپی یک مخلوط دو جزئی برحسب $\frac{\text{J}}{\text{mol}}$ به صورت زیر می باشد. آنتالپی مولار جزیی برای گونه ۱ در رقت بی نهایت

$$H = 400x_1 + 600x_2 + x_1x_2(40x_1 + 20x_2) \quad \text{چقدر است؟}$$

$$640 \quad (4)$$

$$600 \quad (3)$$

$$420 \quad (2)$$

$$400 \quad (1)$$

۱۳- در یک مخلوط دوجزئی، $\frac{g^E}{RT} = x_1x_2$ (معادله مارگولس یک پارامتری). اگر جزء مولی ماده ۱ برابر با 25° باشد، کدام گزینه مقادیر فعالیت

و ضرایب فعالیت را برای جزء ۱ و جزء ۲ به درستی بیان می نماید؟ (به ترتیب از چپ به راست)

$$(0/25 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \text{ و } (0/75 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \quad (2)$$

$$(0/25 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \text{ و } (0/75 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \quad (1)$$

$$(0/75 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \text{ و } (0/25 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \quad (4)$$

$$(0/75 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \text{ و } (0/25 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \quad (3)$$

۱۴- در یک محلول دوجزئی در دما و فشار ثابت $\bar{g}_1 = g_1^\circ + RT \ln x_1$ داده می شود، که g_1° انرژی گیبس خالص جزء ۱ در شرایط استاندارد می باشد. \bar{g}_2 برابر با کدام گزینه است؟

$$g_2^\circ + RT \ln x_1 \quad (1)$$

$$g_2^\circ - RT \ln x_1 \quad (2)$$

$$g_2^\circ + RT \ln x_2 \quad (3)$$

$$g_2^\circ - RT \ln x_2 \quad (4)$$

۱۵- طبق قانون لوئیجس رندال، فوگاسیته حالت استاندارد (f_i°) کدام است؟

(۱) فوگاسیته جزء خالص i در یک حالت مجازی و در T و P محلول

(۲) فوگاسیته جزء i خالص به شکل حقیقی آن در همان دما و فشار و حالت فیزیکی محلول

(۳) فوگاسیته جزء خالص i

(۴) فوگاسیته محلول در همان T و P

۱۶ — محلولی متشکل از ۶۰٪ مولی جز (۱) و ۴۰٪ مولی جز (۲) می‌باشد. در T و P ثابت، اگر حجم مولی جزیی جزء اول به میزان $2\text{ cm}^3/^\circ$ کاهش یابد، در این صورت کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) حجم مولی جزیی جز ۲ به میزان $2\text{ cm}^3/^\circ$ افزایش می‌یابد. (۲) حجم مولی جزیی جز ۲ به میزان $2\text{ cm}^3/^\circ$ کاهش می‌یابد.
 (۳) حجم مولی جزیی جز ۲ به میزان $3\text{ cm}^3/^\circ$ کاهش می‌یابد. (۴) حجم مولی جزیی جز ۲ به میزان $3\text{ cm}^3/^\circ$ افزایش می‌یابد.

۱۷ — برای گازی که از معادله $(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$ تبعیت می‌کند، $(\frac{\partial u}{\partial V})_T$ کدام است؟

- (۱) $-\frac{a}{V^2}$ (۲) $\frac{a}{V}$ (۳) $\frac{ab}{V}$ (۴) $\frac{a}{V^2}$

۱۸ — در تئوری حالت‌های متناظر برای پیش‌بینی عامل تراکم‌پذیری (z) از پارامتر سومی استفاده می‌گردد. کدام یک از تعاریف زیر برای پارامتر سوم صادق است؟

- (۱) مقدار درجه حرارت بحرانی (۲) $1 - \log(P_r^{\text{sat}})_{T_r=0.7} - 1 - \log(P_r^{\text{sat}})_{T_r=0.7}$ (شعبه P_r = فشار نقصانی)
 (۳) $1 + \log(P_r^{\text{sat}})_{T_r=0.7} - 1 - \log(P_r^{\text{sat}})_{T_r=0.7}$ (درجه حرارت نقصانی) (۴) بسته به حالت تراکم‌پذیری متفاوت است.

۱۹ — در صورتی که گازی از معادله حالت ویریال (virial) $z = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \dots$ تبعیت کند، حجم پسماند یا (Residual volume) آن گاز در

فشار نزدیک به صفر، برابر با کدام گزینه است؟

- (۱) $-B$ (۲) $\frac{-RT}{B}$ (۳) $-C$ (۴) C

۲۰ — برای گازی که از معادله حالت $P(V - b) = RT$ پیروی می‌کند، کدام گزینه صحیح می‌باشد؟

- (۱) C_p این گاز تابع فشار و C_v آن تابع حجم است. (۲) C_p این گاز تابع فشار ولی C_v آن تابع حجم نیست.
 (۳) C_D این گاز تابع فشار نبوده ولی C_v آن تابع حجم است. (۴) C_D و C_v این گاز تابع فشار و حجم نیست.

ترمودینامیک

۱ - گزینه «۳»

محاسبه فوگاسیته گازهای واقعی:

$$dg = ZRTd\ln p = RTd\ln f \Rightarrow zd\ln p = d\ln f$$

$$\Rightarrow (zd\ln p) - d\ln p = d\ln f - d\ln p \Rightarrow \int_0^{\ln \frac{f}{p}} d\ln f \int_0^p (z-1) \frac{dp}{p}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{f}{p} = \ln \phi = \int_0^p \left(\frac{z-1}{p}\right) dp \xrightarrow{T=\text{cte}} \phi = e^{\int_0^p \left(\frac{z-1}{p}\right) dp} \Rightarrow f = pe^{\int_0^p \left(\frac{z-1}{p}\right) dp}$$

محاسبه فوگاسیته و ضریب فوگاسیته با داشتن معادله حالت و به دست آوردن Z و در نتیجه ϕ و f به دست می‌آید.

$$V - b = \frac{RT}{P} - \frac{a}{RT} \Rightarrow \frac{PV}{RT} = z = 1 + \left(b - \frac{a}{RT}\right) \frac{P}{RT}$$

نکته:

در این نوع مسائل همواره از روی معادله حالت، $z = \frac{PV}{RT}$ را می‌سازیم تا بتوان انتگرال گرفت.

$$\Rightarrow \ln \phi = \int_0^p \frac{z-1}{p} dp = \int_0^p \frac{1}{RT} \left(b - \frac{a}{RT}\right) dp = \frac{P}{RT} \left(b - \frac{a}{RT}\right)$$

* دقت در انتگرال‌گیری و تعیین درست کران‌های بالا و پایین انتگرال و نیز روش کلی حل این نوع مسائل از نکات اصلی در این تست می‌باشد.

۲ - گزینه «۱»

محاسبه خواص پارشیال

با توجه به رابطه $\bar{M}_i = \left[\frac{\partial(nM)}{\partial n_i} \right]_{T,p,n_j}$ اثبات می‌شود که روابط زیر در مورد خواص مولی جزئی \bar{M}_i برقرار است:

$$\bar{M}_1 = M - x_2 \left(\frac{\partial M}{\partial x_2} \right)_{T,p,x_1}, \bar{M}_2 = M - x_1 \left(\frac{\partial M}{\partial x_1} \right)_{T,p,x_2}$$

نکته مهم:

در کنکور ارشد از روابط بالا در محاسبه خواص پارشیال استفاده نمی‌کنیم بلکه فرمول محاسبه M پارشیال (\bar{M}_i) در کنکور به ترتیب زیر است:

۱- ابتدا به جای تمام x_1 ها، $1 - x_1$ قرار داده و عبارت M را ساده می‌کنیم.

۲- نسبت به x_1 مشتق می‌گیریم و در روابط زیر اعمال می‌کنیم:

$$\begin{cases} \bar{M}_1 = M + (1 - x_1) \left(\frac{\partial M}{\partial x_1} \right)_{T,p,x_2} \\ \bar{M}_2 = M - x_1 \left(\frac{\partial M}{\partial x_1} \right)_{T,p,x_2} \end{cases}$$

$$\bar{v}_1 = v + (1 - x_1) \left(\frac{\partial v}{\partial x_1} \right)_{T,p,x_2} = (\Delta + 2x_1 - x_1^2) + (1 - x_1)(2 - 2x_1)$$

$$x_1 = 0/2 \Rightarrow \bar{v}_1 = (\Delta + 2 \times 0/2 - 0/2^2) + (1 - 0/2)(2 - 2 \times 0/2) \Rightarrow \boxed{\bar{v}_1 = 6/64}$$

* این نوع سوالات همواره در کنکورهای کارشناسی ارشد مطرح می‌شود و لذا دانستن دو فرمول ذکر شده در اینجا بسیار مهم است.

۳ - گزینه «۳»

در بحث تعادلات فازی که در $T = cte$ بررسی می‌کنیم روابط زیر برقرار است:

$$dg = vdp - sdT \xrightarrow{T=cte} dg = vdp$$

مفهوم انرژی گیبس مربوط به پتانسیل شیمیایی است.

$$v = \frac{RT}{p} \Rightarrow dg = \frac{RT}{p} dp \Rightarrow dg = RT d \ln p \Rightarrow \Delta g = RT \ln \frac{p_r}{p_l}$$

$$v = \frac{ZRT}{p} \Rightarrow dg = z \frac{RT}{p} dp \Rightarrow \Delta g = \int \frac{ZRT}{p} dp = RT \int_{p_l}^{p_r} z d \ln p$$

اگر بخواهیم رابطه z را با p به دست آورده و انتگرال بگیریم کار سختی است لذا پارامتر جدیدی به نام فوگاسیته تعریف می‌کنیم که از جنس فشار است و واحد فشار دارد و وقتی در رابطه Δg گازهای ایده‌آل به جای فشار قرار می‌گیرد، Δg گازهای واقعی را به ما می‌دهد.

$$f \Rightarrow \Delta g = RT \ln \frac{f_r}{f_l} \quad dg = RT d \ln p \xrightarrow{\text{گازهای واقعی}} dg = RT \ln f$$

برای آنکه فوگاسیته را بی‌بعد کنیم از پارامتری به نام ضریب فوگاسیته استفاده می‌کنیم که حاصل تقسیم فوگاسیته بر فشار است و در حالتی که فشار به سمت صفر میل کند رفتار گاز به سمت ایده‌آل نزدیک خواهد شد.

$$\phi = \frac{f}{p}, \quad \lim_{p \rightarrow 0} \phi = 1 \Rightarrow f = p$$

در این مسأله همان طور که در سوال شماره ۴۶ اثبات شد مشخص است که مقدار ϕ به رفتار PVT گاز بستگی دارد لذا ϕ می‌تواند کوچکتر یا

$$\ln \phi = \int_0^p \left(\frac{z-1}{p} \right) dp$$

بزرگتر از ۱ باشد. * مفهوم f و ϕ در گازهای ایده‌آل و واقعی بسیار مهم است.

۸

۴ - گزینه «۴»

رابطه خواص ترمودینامیکی مخلوط‌های همگن برای سیستم‌های با ترکیب متغیر

$$d(nG) = (nv)dp - (ns)dT + \sum \left[\frac{\partial(nG)}{\partial n_i} \right]_{p,T,n_j}$$

اگر با یک سیستم باز تک‌فاز که ماده را با محیطش مبادله می‌نماید، سر و کار داشته باشیم باید اثر ترکیب اجزاء مختلف را در رابطه خاصیت اعمال نماییم در نتیجه اندیس n_i در عبارت بالا نشان می‌دهد که تعداد مول همه اجزاء به استثنای i ثابت نگه داشته می‌شود. در ترم آخر معادله، هر جمله \sum پتانسیل شیمیایی برای یک جزء است بنابراین پتانسیل شیمیایی جزء i چنین تعریف می‌شود:

$$\mu_i = \left[\frac{\partial(nG)}{\partial n_i} \right]_{p,T,n_j} \Rightarrow d(nG) = (nv)dp - (ns)dT + \sum \mu_i dn_i$$

برای توابع دیگر ترمودینامیکی نیز روابط مشابهی به دست می‌آید. این معادلات کلی هستند و در مورد تغییرات بین حالات تعادلی هر سیستم سیال همگن اعم از باز یا بسته به کار می‌روند.

نکته مهم و تستی:

در روابط پتانسیل شیمیایی بر حسب دیفرانسیل توابع اصلی فقط ns و nv ظاهر می شود و هیچ وقت nT و np نداریم چون دما و فشار تابع مول های ماده نیستند.

$$du = Tds - pdv \Rightarrow \mu_i = \left[\frac{\partial(nu)}{\partial n_i} \right]_{ns, nv, n_j}$$

$$dh = Tds + vdp \Rightarrow \mu_i = \left[\frac{\partial(nh)}{\partial n_i} \right]_{ns, p, n_j}$$

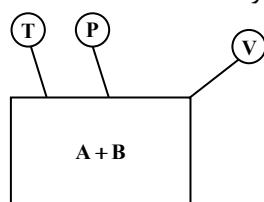
$$dg = vdp - sdT \Rightarrow \mu_i = \left[\frac{\partial(ng)}{\partial n_i} \right]_{p, T, n_j}$$

$$da = -pdv - sdT \Rightarrow \mu_i = \left[\frac{\partial(na)}{\partial n_i} \right]_{nv, T, n_j}$$

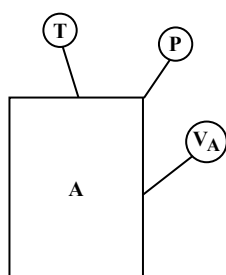
۵- گزینه «۱»

توضیح قانون آمگات

اگر مخلوطی از گازهای ایده آل A و B را در دمای T و فشار P در ظرفی به حجم V داشته باشیم در این صورت مقدار هر خاصیت برای گاز A در داخل مخلوط برابر است با مقدار همان خاصیت برای گاز A خالص در ظرفی به دمای T و فشار P .



$$n = n_A + n_B \Rightarrow \frac{pV}{RT} = \frac{pV_A}{RT} + \frac{pV_B}{RT} \Rightarrow V = V_A + V_B$$



$$\Rightarrow \frac{V_A}{V} = y_A \Rightarrow \text{تعریف حجم های جزئی} \quad \boxed{V_A = y_A \cdot V}$$

به این ترتیب طبق قانون آمگات، خواص هر سازنده در مخلوط برابر خواص آن ماده در حالت خالص و در دما و فشار سیستم است.

نکته:

گزینه ۳ در مورد قانون دالتون صحیح می باشد.

آماگات ← دما و فشار سیستم

دالتون ← دما و حجم سیستم

* بیان روان در مورد برخی قوانین ترمودینامیک و دانستن تعاریف و مفاهیم در کنکور ارشد الزامی است.

۶- گزینه «۳»

در حالت کلی خواص پارشیال را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$\bar{M}_i = \left[\frac{\partial(nM)}{\partial n_i} \right]_{T,p,n_j \neq i}$$

خواص پارشیال فقط برای خواص تعریف می‌شود که وابسته به جرم سیستم باشند مثل S و G و H

روابط اولر در مخلوطها

$$nM = \sum n_i \bar{M}_i \quad \text{کل خاصیت } M \text{ در محلول}$$

$$M = \sum x_i \bar{M}_i \quad \text{مقدار هر خاصیت } M \text{ در داخل محلول برابر است با متوسط خواص مولی جزئی در داخل محلول}$$

نکته: خط مماس در نقطه $x_1 = 0/5$ مقادیر \bar{V}_1 و \bar{V}_2 را می‌دهد.

$$\begin{cases} \bar{V}_1 = 22/5 \\ \bar{V}_2 = 15 \end{cases} \Rightarrow v = x_1 \bar{V}_1 + x_2 \bar{V}_2 \Rightarrow v = 0/5 \times 22/5 + 0/5 \times 15 \Rightarrow \boxed{v = 18/5 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}}$$

$$x_1 = 0/5 \xrightarrow{(1-x_1)} x_2 = 0/5$$

* درستی رابطه اولر در محاسبه خواص پارشیال مثل حجم‌های جزئی و مفهوم خط مماس در نمودارهای فوق در یافتن پاسخ درست تست اهمیت دارد.

۷- گزینه «۲»

فוגاسیته و ضریب فوگاسیته و ارتباط آنها با خواص پارشیال (جزئی)

فوگاسیته چون وابسته به جرم نیست پس خاصیت پارشیال به حساب نمی‌آید اما چون در محاسبات ترمودینامیکی به آن نیاز داریم در نتیجه خاصیت پارشیال فوگاسیته را به عنوان کمیتی که خاصیت پارشیال آن مجازی است به صورت \hat{f}_i نشان می‌دهیم. البته $\ln f$ یک خاصیت پارشیال

$$\left[\frac{\partial(n \ln f)}{\partial n_i} \right]_{T,p,n_j} = \ln \frac{\hat{f}_i}{x_i} = \ln f + (1-x_i) \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_i} \right) \quad \text{است یعنی:}$$

در مورد ضریب فوگاسیته هم توضیحات فوق برقرار است و در نتیجه ϕ خاصیت پارشیال نیست ولی $\ln \phi$ خاصیت پارشیال است یعنی:

$$\left[\frac{\partial(n \ln \phi)}{\partial n_i} \right]_{T,p,n_j} = \ln \hat{\phi}_i = \ln \phi + (1-x_i) \left(\frac{\partial \ln \phi}{\partial x_i} \right)$$

$$\ln \phi = (1+y_2)y_1y_2 = (1+1-y_1)y_1(1-y_1) \Rightarrow \ln \phi = 2y_1 + y_1^2 - 3y_1^3$$

$$\ln \hat{\phi}_1 = \left[\frac{\partial(n \ln \phi)}{\partial n_1} \right]_{n_2} = \ln \phi + (1-y_1) \left(\frac{\partial \ln \phi}{\partial y_1} \right)$$

$$\Rightarrow \ln \hat{\phi}_1 = 2y_1 + y_1^2 - 3y_1^3 + (1-y_1)(2 + 2y_1^2 - 6y_1) = 2y_1 + y_1^2 - 3y_1^3 + 2 + 2y_1^2 - 6y_1 - 2y_1 - 3y_1^3 + 6y_1^2$$

$$\Rightarrow \ln \hat{\phi}_1 = 6y_1^2 - 6y_1 - 2y_1^3 + 2 \Rightarrow \hat{\phi}_1 = \exp(6y_1^2 - 6y_1 - 2y_1^3 + 2)$$

$$\hat{\phi}_1 = \frac{\hat{f}_1}{x_1 p} \Rightarrow \hat{\phi}_1 = \frac{\hat{f}_1}{y_1 p} \Rightarrow \hat{f}_1 = y_1 p \hat{\phi}_1 = y_1 p \exp(6y_1^2 - 6y_1 - 2y_1^3 + 2)$$

* نحوه محاسبه \hat{f}_i و $\hat{\phi}_i$ در کنکور مهم است.

۸ - گزینه «۴»

$\text{Ln}f = \sum x_i \text{Ln} \frac{\hat{f}_i}{x_i}$ یک خاصیت پارشیال است در نتیجه

$$x_1 = x_2 = 0.5$$

$$\text{Ln}f = x_1 \text{Ln} \frac{\hat{f}_1}{x_1} + x_2 \text{Ln} \frac{\hat{f}_2}{x_2} \Rightarrow \text{Ln}f = (0.5 \times \text{Ln} \frac{2}{0.5}) + (0.5 \times \text{Ln} \frac{1}{0.5})$$

$$\Rightarrow \text{Ln}f = (0.5 \times \text{Ln}4) + (0.5 \times \text{Ln}2) \Rightarrow \text{Ln}f = (\text{Ln}2) + (0.5 \times \text{Ln}2)$$

$$\Rightarrow \text{Ln}f = 1.5 \times \text{Ln}2 = \text{Ln}(2)^{1.5} \Rightarrow f = \sqrt{2^3} \Rightarrow \boxed{f = 2\sqrt{2}}$$

نکته:

همواره برای محاسبه فوگاسیته f و ضریب فوگاسیته ϕ در مخلوط‌های دو جزئی باید از خواص پارشیال آنها یعنی $\text{Ln}f$ و $\text{Ln}\phi$ و روابط گفته شده در پاسخ سوال شماره ۵۲ استفاده نمود.
* این نکته که $\text{Ln}f$ و $\text{Ln}\phi$ خواص پارشیال هستند. (نه f و نه ϕ) در حل و فهم مسائل بسیار مهم است.

۹ - گزینه «۳»

با توجه به این که حجم مولی جزئی یک خاصیت پارشیال است در نتیجه:

$$v = \sum x_i \bar{v}_i \Rightarrow v = \sum n_i \bar{v}_i \Rightarrow v = n_B \bar{v}_B + n_P \bar{v}_P$$

ابتدا تعداد مول‌های بوتان (B) و پروپان (P) را به دست می‌آوریم:

$$n_B = \frac{11/6 \text{ kg}}{58 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} = 0.19 \text{ kmol} = 190 \text{ mol}$$

$$Mw \Big|_{C_4H_{10}} = 4 \times 12 + 10 \times 1 = 58$$

$$n_P = \frac{4/4 \text{ kg}}{44 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mol}} \right)} = 0.1 \text{ kmol} = 100 \text{ mol}$$

$$Mw \Big|_{C_3H_8} = 3 \times 12 + 8 \times 1 = 44$$

$$\Rightarrow v = (190 \times 0.19) + (100 \times 0.1) = 36.1 + 10 = 46.1 \Rightarrow \boxed{v = 46.1 \text{ Lit}}$$

۱۰- گزینه «۳»

با توجه به پارشیال بودن خواص آنتالپی و حجم برای مایعات روابط زیر در محلول‌های دو جزئی مایع برقرار است:

$$\Rightarrow x_1 = x_2 = 0.5$$

دو ماده با جزء مولی مساوی

$$h = x_1 \bar{h}_1 + x_2 \bar{h}_2 = (0.5 \times 0.35) + (0.5 \times 0.65) \Rightarrow h = 0.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

آنتالپی کل مخلوط دو جزئی بنزن و تولوئن به ازای واحد مول

$$\boxed{H = nh} \Rightarrow 10 \text{ kJ} = n(0.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) \Rightarrow n = 20 \text{ mol}$$

تعداد مول کل مخلوط $\Rightarrow n = 20 \text{ mol}$

$$v = x_1 \bar{v}_1 + x_2 \bar{v}_2 = (0.5 \times 1) + (0.5 \times 2) \Rightarrow v = 1.5 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

$$\boxed{v = nv} \Rightarrow v = (20 \text{ mol})(1.5 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}) \Rightarrow \boxed{v = 30 \text{ cm}^3}$$

حجم کل مخلوط دوجزئی بنزن و تولوئن

* فهم این نکته که در روابط ترمودینامیکی کجا تعداد مول‌ها (n) باید وارد شود و در محاسبات مخلوط‌های دو جزئی خود را نشان دهد، بسیار حائز اهمیت است.

۱۱- گزینه «۳»

$$(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT \Rightarrow P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2}$$

معادله واندروالس

حجم اشغال شده توسط مولکول‌ها \rightarrow ضریب b (۱)

$$\frac{a}{V^2} \rightarrow \text{نیروهای جاذبه بین مولکولی (۲)}$$

$$(۳) (\frac{\partial P}{\partial V})_{T_c} = 0$$

$$(۴) (\frac{\partial^2 P}{\partial V^2})_{T_c} = 0$$

b و a همواره ثابت و مثبت هستند. (۵)

$$(۶) a = \frac{27 R^2 T_c^2}{64 P_c}$$

$$(۷) b = \frac{RT_c}{8 P_c}$$

$$(۸) V_c = 3b$$

حجم بحرانی

$$(۹) Z_c = \frac{P_c V_c}{RT_c} = \frac{3}{8} = 0.375$$

ضریب تراکم‌پذیری بحرانی

$$\begin{matrix} \text{ضریب} & & \text{ضریب} \\ \text{تراکم‌پذیری} & & \text{تراکم‌پذیری} \\ \uparrow & & \uparrow \\ Z_g & & Z_L \end{matrix}$$

$$(۱۰) Z^3 - (\frac{P_r}{\lambda T_r} + 1)Z^2 + (\frac{27 P_r}{64 T_r^2})Z - \frac{27 P_r^2}{512 T_r^3} = 0 \xrightarrow{\text{ریشه متمایز ۳}}$$

معادله واندروالس برحسب ضریب تراکم‌پذیری و فشار و دمای نقصانی یافته دارای سه ریشه حقیقی است.

* کلیه نکات مطرح شده در این سوال در رابطه با معادله حالت واندروالس بسیار مهم است.

۱۲- گزینه «۲»

طبق روش گفته شده در پاسخ سوال شماره ۴۷ خاصیت پارشیال را برای آنتالپی محاسبه می کنیم برای این کار ابتدا به جای x_2 قرار

$$\bar{H}_1 = H + (1-x_1) \left(\frac{\partial H}{\partial x_1} \right)_{T,p,x_2} \quad \text{می دهیم } 1-x_1 \text{ و در نتیجه:}$$

$$\Rightarrow H = 400x_1 + 600(1-x_1) + x_1(1-x_1)(40x_1 + 20(1-x_1)) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = 400x_1 + 600 - 600x_1 + (x_1 - x_1^2)(40x_1 + 20 - 20x_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = 600 - 200x_1 + 20x_1 + 20x_1^2 - 20x_1^2 - 20x_1^3 \Rightarrow H = 600 - 180x_1 - 20x_1^3$$

$$\bar{H}_1 = H + (1-x_1) \left(\frac{\partial H}{\partial x_1} \right) = (600 - 180x_1 - 20x_1^3) + (1-x_1)(-180 - 60x_1^2)$$

$$\Rightarrow \bar{H}_1 = 600 - 180x_1 - 20x_1^3 - 180 - 60x_1^2 + 180x_1 + 60x_1^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \bar{H}_1 = 420 + 40x_1^3 - 60x_1^2, \quad \text{آنتالپی مولار جزئی برای گونه ۱}$$

$$\text{آنتالپی مولار جزئی برای گونه ۱ در رقت بی نهایت} \quad \bar{H}_1^\infty = \lim_{\substack{x_1 \rightarrow 0 \\ x_2 \rightarrow 1}} (\bar{H}_1) = 420 + 40(0)^3 - 60(0)^2 \Rightarrow \bar{H}^\infty = 420 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

نکته مهم:

$$\bar{H}_1^\infty = \lim_{\substack{x_1 \rightarrow 0 \\ x_2 \rightarrow 1}} (\bar{H}_1) \quad \text{برای جزء ۱ در رقت بی نهایت}, \quad \bar{H}_2^\infty = \lim_{\substack{x_2 \rightarrow 0 \\ x_1 \rightarrow 1}} (\bar{H}_2) \quad \text{برای جزء ۲ در رقت بی نهایت}$$

۱۳- گزینه «۱»

اختلاف دو خاصیت از یک محلول را در اثر اختلاط، Excess می گویند:

$$M^E = \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{Real}} - \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{ideal}}$$

$$\Delta M_{\text{mixing}}^{\text{ideal}} = 0 \Rightarrow M^E = \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{Real}}$$

اگر M یکی از خواص v, h, u, Cp, Cv باشد آنگاه داریم:

$$g^E = \Delta g_{\text{mixing}}^{\text{Real}} - \Delta g_{\text{mixing}}^{\text{ideal}}$$

مهم ترین تابع فزونی g^E است که عبارت است از:

$$g^E = RT \sum x_i \ln \hat{a}_i - RT \sum x_i \ln x_i \Rightarrow \frac{g^E}{RT} = \sum x_i \ln \frac{\hat{a}_i}{x_i} \xrightarrow{\hat{a}_i = \gamma_i x_i} \frac{g^E}{RT} = \sum x_i \ln \gamma_i$$

نتیجه مهم: اگر کمیت یا خاصیتی مثل M داشته باشیم که extensive باشد (تابع حالت و مستقل از مسیر) و طبق رابطه اولر بتوان M را به

$$\text{صورت } M = \sum x_i A_i \quad \text{نوشت آنگاه } A_i \text{ حتماً خاصیت پارشیال کمیت M می باشد در نتیجه در رابطه فوق } \ln \gamma_i \text{ خاصیت پارشیالی از } \frac{g^E}{RT} \text{ است.}$$

نکته: اگر محلولی از معادله مارگوس یک پارامتری $Ax_1x_2 = \frac{g^E}{RT}$ پیروی کند، ضرایب فعالیت و فعالیت از روابط زیر به دست می آید:

$$\xrightarrow{\text{گیس-دوهم}} \ln \gamma_i = \left[- \frac{\partial \left(\frac{ng^E}{RT} \right)}{\partial n_i} \right]_{T,p,n_j} \Rightarrow \sum x_i d \ln \gamma_i = 0$$

$$\ln \gamma_1 = A x_2^2 \Rightarrow \gamma_1 = e^{A x_2^2}, \quad \hat{a}_1 = \gamma_1 x_1$$

$$\ln \gamma_2 = A x_1^2 \Rightarrow \gamma_2 = e^{A x_1^2}, \quad \hat{a}_2 = \gamma_2 x_2$$

۱۴- گزینه «۳»

رابطه گیبس - دهم در محاسبه خواص پارشیال

علائم قراردادی در خواص ترمودینامیک محلول‌ها:

۱- خواص کل (nM) $\leftarrow nH, nS, nG$ ۲- خواص مولی کل (M) $\leftarrow u, H, S, G$

۳- خواص مولی جزئی (\bar{M}_i) $\leftarrow \bar{H}_i, \bar{S}_i, \bar{G}_i$ ۴- خواص مولی خالص (M_i) $\leftarrow U_i, H_i, S_i, G_i$

نکته: از رابطه گیبس - دهم زمانی استفاده می‌کنیم که یکی از خواص پارشیال را به ما بدهند و این خاصیت پارشیال را برای جزء دوم از ما بخواهند.

$$\Rightarrow \sum x_i d\bar{M}_i = 0 \quad (T, p = \text{cte})$$

$$\bar{g}_1 = g_1^\circ + RT \ln x_1 \xrightarrow{x_1=1 \text{ خالص}} \bar{g}_1 = g_1^\circ$$

$$\sum x_i d\bar{M}_i = 0 \Rightarrow x_1 d\bar{g}_1 + x_2 d\bar{g}_2 = 0 \Rightarrow x_1 \left(RT \frac{dx_1}{x_1} \right) + x_2 d\bar{g}_2 = 0$$

$$\Rightarrow d\bar{g}_2 = \frac{-RT dx_1}{x_2} \left\{ \begin{array}{l} x_1 = 1 - x_2 \\ dx_1 = -dx_2 \end{array} \right. \Rightarrow d\bar{g}_2 = \frac{RT dx_2}{x_2}$$

$$\Rightarrow \bar{g}_2 = RT \ln x_2 + C \quad x_2 = 1 \Rightarrow \bar{g}_2 = g_2^\circ = RT \ln 1 + C \Rightarrow \boxed{C = g_2^\circ} \Rightarrow \bar{g}_2 = RT \ln x_2 + g_2^\circ$$

* اصولاً در مسائلی که حل آنها به صورت پارامتری انجام می‌شود، حل معادلات دیفرانسیل و انتگرال‌گیری (تکنیک‌های ریاضی) نقش مهمی دارد.

۱۵- گزینه «۲»

قانون لوئیجس رندال (L.R)

$$v_i dp = RT d \ln f_i \quad \text{برای جزء } i \text{ به حالت خالص}$$

$$\bar{v}_i dp = RT d \ln \hat{f}_i \quad \text{برای جزء } i \text{ در داخل محلول}$$

$$\xrightarrow{\text{دو رابطه بالا را از هم کم می‌کنیم.}} \int_0^p (\bar{v}_i - v_i) dp = \int_{\ln x_i}^{\ln \frac{\hat{f}_i}{f_i}} RT d \ln \frac{\hat{f}_i}{f_i}$$

$$\bar{v}_i = v_i \Rightarrow 0 = \int_{\ln x_i}^{\ln \frac{\hat{f}_i}{f_i}} RT d \ln \frac{\hat{f}_i}{f_i} \Rightarrow 0 = RT \ln \frac{\hat{f}_i}{f_i x_i}$$

$$\Rightarrow \boxed{\hat{f}_i = f_i x_i} \quad \lim_{p \rightarrow 0} \ln \frac{\hat{f}_i}{f_i} = \ln \frac{f_i x_i}{f_i} = \ln x_i$$

نکته: طبق این قانون فوگاسیته حالت استاندارد (f_i°) برابر با فوگاسیته جزء i خالص به شکل حقیقی آن در همان T و P محلول و در همان حالت فیزیکی (مثلاً مایع یا گاز که محلول در آن واقع است، می‌باشد. قانون $L.R$ برای سازنده با غلظت بالا صادق است. این حالت استاندارد بیشتر برای ترکیباتی به کار می‌رود که در T و P داده شده در همان حالت فیزیکی محلول به صورت پایدار وجود دارند. (مثلاً مخلوط گازهای سوپرهیت یا مایعات subcold)

۱۶- گزینه «۴»

طبق رابطه گیبس - دوهام

$$\bar{M}_i = \bar{V}_i \quad (P, T = \text{Cte}) \quad x_1 = 0.6 \quad x_2 = 0.4$$

$$d\bar{V}_1 = -0.02 \text{ cm}^3 \text{ یعنی کاهش حجم مولی جزئی}$$

$$\Rightarrow \sum x_i d\bar{M}_i = 0 \Rightarrow \sum x_i d\bar{V}_i = 0$$

$$\Rightarrow x_1 d\bar{V}_1 + x_2 d\bar{V}_2 = 0 \Rightarrow (0.6)(-0.02) + (0.4)(d\bar{V}_2) = 0$$

$$\Rightarrow d\bar{V}_2 = \frac{0.6 \times 0.02}{0.4} \Rightarrow \boxed{d\bar{V}_2 = +0.03 \text{ cm}^3}$$

علامت (+) نشان می‌دهد که حجم مولی جزء ۲ به اندازه 0.03 cm^3 زیاد شده است.

* تشخیص این نکته که این سوال از رابطه گیبس - دوهام حل می‌شود و تعیین درست علامت‌ها در دستیابی به گزینه درست مهم است.

۱۷- گزینه «۴»

در محاسبه تغییرات انرژی داخلی (du) داریم:

$$u = u(T, v)$$

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T dv \quad \text{طبق تعریف} \quad \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v = C_v$$

$$du = Tds - Pdvdv \quad \text{می‌دانیم انرژی داخلی برحسب آنتروپی}$$

$$\xrightarrow{(\div)dv} \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T\left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T - P = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v - P \quad \text{طبق روابط ماکسول}$$

$$\xrightarrow{\text{تغییرات انرژی داخلی}} du = C_v dT + [T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v - P]dv$$

$$T = \text{cte} \Rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = [T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v - P] \quad (1)$$

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2} \Rightarrow \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \frac{R}{v-b} \quad (2)$$

$$(1) \text{ در } (2) \text{ با جایگذاری} \Rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T\left(\frac{R}{v-b}\right) - \frac{RT}{v-b} + \frac{a}{v^2} \Rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = \frac{a}{v^2}$$

* دقت در محاسبه و علامت (+) و (-) در انتخاب گزینه درست بسیار تأثیرگذار می‌باشد.

۱۸- گزینه «۲»

منحنی عمومی ضریب تراکم‌پذیری (Z برحسب T_r و P_r)

۱- بر اساس منحنی عمومی ضریب تراکم‌پذیری، گازها در T_r و P_r یکسان، Z یکسان خواهند داشت. این اصل را اصل حالات متناظر دو پارامتری (P_r و T_r) می‌نامیم.

۲- بر اساس منحنی Z برحسب T و P مقدار Z_c برای هر گاز مقدار مشخصی می‌باشد. این مقدار برای تمام گازها در محدوده $0/23 < Z_c < 0/27$ می‌باشد. اما بر اساس منحنی عمومی ضریب تراکم‌پذیری (اصل حالات متناظر دو پارامتری یعنی Z برحسب T_r و P_r) ضریب تراکم‌پذیری در نقطه بحرانی برای تمام گازها یکسان و برابر $0/27$ می‌باشد. این مقدار همیشه ثابت بوده و به نوع معادله حالت گاز بستگی ندارد.

$$Z_c = \frac{P_c V_c}{RT_c}$$

۳- فقط برای گازهای نجیب ($Rn - Ne - Xe - Kr - Ar$) منحنی عمومی ضریب تراکم‌پذیری دقت خوب و بالایی دارد. (مثلاً عدد $0/27$ در نقطه بحرانی برای گازهای نجیب و کم‌قطبی نتیجه خوبی دارد). لذا برای بقیه گازها بهتر است از نمودار Z برحسب T_r و P_r مختص همان گاز استفاده کنیم بنابراین برای رفع این مشکل، منحنی جدیدی برحسب اصل حالات متناظر سه پارامتری که علاوه بر T_r و P_r پارامتر سوم به نام ضریب بی‌مرکزی یا ضریب استنتریک (Acentric factor) که با ω نشان می‌دهیم وارد شد. ω پارامتری است که در ارتباط با فشار بخار (فشار اشباع sat) هر ماده‌ای تعریف شده و به عنوان یک مشخصه ساختمان مولکولی به صورت تجربی به دست می‌آید.

نکته

$$۱) \quad \omega = -1 - \log p_r^{sat} \Big|_{T_r = 0/7}$$

$$۲) \quad \omega = 0 \Rightarrow -\log p_r^{sat} \Big|_{T_r = 0/7} = 1 \Rightarrow p^{sat} = 0/1 P_c$$

طبق رابطه Pitzer تمام گازها در T_r و P_r و ω یکسان، Z یکسان خواهند داشت که این مطلب بیان اصل حالات متناظر سه پارامتری است.

$$۳) \quad \text{Pitzer رابطه} \Rightarrow Z = Z^0 + \omega Z^1$$

۱- اصل حالات متناظر سه پارامتری برای کلیه گازها اعم از خیلی قطبی - کم قطبی و نجیب دقت بالایی دارد.

۲- اصل حالات متناظر دو پارامتری فقط برای گازهای نجیب و غیرقطبی دقت بالایی دارد.

۱۹- گزینه «۱»

حجم پسماند α (حجم نقصانی - حجم کاهیده)

$$\begin{cases} Z = \frac{Pv}{RT} = 1 + B'P + C'p^2 + \dots & \text{بسط ویریالی } Z \text{ برحسب } P \Rightarrow \left(\frac{\partial Z}{\partial p}\right)_{p \rightarrow 0} = B' \\ Z = \frac{Pv}{RT} = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \dots & \text{بسط ویریالی } Z \text{ برحسب } V \end{cases}$$

نکته:

ضرایب ویریال به جنس یک ماده بستگی دارند و برای یک ماده خاص فقط و فقط تابع دما هستند.

$$\begin{aligned} B'P &\Rightarrow B' = \frac{B}{RT} \quad \text{به خاطر برهم کنش بین ۲ مولکول} \rightarrow \text{ضریب دوم ویریال} \\ C'P^2 &\Rightarrow C' = \frac{C - B^2}{(RT)^2} \quad \text{به خاطر برهم کنش بین ۳ مولکول} \rightarrow \text{ضریب سوم ویریال} \\ \left. \begin{aligned} \alpha &= v^{\text{ideal}} - v^{\text{real}} \quad \text{برای مواد خالص} \\ \alpha &= v^{\text{Real}} - v^{\text{ideal}} \quad \text{برای مواد مخلوط} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \alpha = \frac{RT}{P} - \frac{ZRT}{P} = -RT \left(\frac{Z}{P} - \frac{1}{P} \right) \Rightarrow \alpha = -RT \left(\frac{Z-1}{P} \right) \quad (۱) \end{aligned}$$

نکته: در فشارهای پایین از معادله $Z = 1 + B'P$ استفاده می کنیم:

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial P} \right)_{P \rightarrow 0} = \frac{Z_2 - Z_1}{P_2 - P_1} = \left(\frac{Z-1}{P-0} \right) \quad (۲)$$

$$(۱), (۲) \Rightarrow \boxed{\alpha = -RT \left(\frac{\partial Z}{\partial P} \right)_{P \rightarrow 0}} \quad \text{در فشارهای پایین}$$

$Z = 1 + B'P + C'P^2 + \dots \Rightarrow Z = 1 + B'P$ معادله حالت ویریال Z را بر حسب P بسط می دهیم.

$$\alpha = -RT \left(\frac{\partial Z}{\partial P} \right)_{P \rightarrow 0} = -RT(B') = -RT \left(\frac{B}{RT} \right) \Rightarrow \boxed{\alpha = -B}$$

۲۰- گزینه «۴»

تغییرات C_D و C_V بر حسب P و V در $T = \text{Cte}$

$$\begin{aligned} S = S(T, P) &\Rightarrow ds = \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T dP \left\{ \Rightarrow ds = \frac{C_P}{T} dT - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dP \quad (۱) \right. \\ dh &= Tds + vdp \\ S = S(T, V) &\Rightarrow ds = \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T dV \left\{ \Rightarrow ds = \frac{C_V}{T} dT + \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V dV \right. \\ du &= Tds - PdV \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \text{اگر شرط کامل بودن را برای معادلات (۱) و (۲) اعمال کنیم.} \quad \left\{ \begin{aligned} \left(\frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T &= -T \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P \\ \left(\frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T &= T \left(\frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V \end{aligned} \right.$$

$$P = \frac{RT}{V-b} \Rightarrow \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = \frac{R}{V-b} \Rightarrow \left(\frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V = 0 \Rightarrow \left(\frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T = 0 \Rightarrow C_V \text{ تابع حجم نیست.}$$

$$V = \frac{RT}{P} + b \Rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \frac{R}{P} \Rightarrow \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P = 0 \Rightarrow \left(\frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T = 0 \Rightarrow C_P \text{ تابع حجم نیست.}$$

ترمودینامیک

۱ - یک سیلندر و پیستون حاوی مقداری گاز است. این گاز به طور ایزوترمال و برگشت پذیر، طوری منبسط می شود که حجم نهایی دو برابر حجم اولیه اش می باشد. این گاز از معادله $P(v-b) = RT$ پیروی می کند که در آن b مقدار ثابتی است. کار انجام یافته کدام است؟

$$P_1(v_1 - b) \ln\left(\frac{v_1 + b}{v_2 + b}\right) \quad (1) \quad P_1(v_1 - b) \ln\left(1 + \frac{v_1}{v_1 - b}\right) \quad (2)$$

$$P_1(v_1 - b) \ln\left(1 + \frac{v_1 - b}{v_1}\right) \quad (3) \quad P_1(v_1 - b) \ln\left(1 - \frac{v_1}{v_1 - b}\right) \quad (4)$$

۲ - کدام رابطه در مورد یک فرآیند آدیاباتیک برگشت پذیر گاز ایده آل برقرار است؟

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \quad (1) \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} \quad (2)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (3) \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \quad (4)$$

۳ - بخار سوپر هیت در شرایط T_i و P_i وارد یک توربین شده و تا شرایط T_e و P_e منبسط می شود. اگر انبساط یک بار به شکل آدیاباتیک و برگشتناپذیر (فرآیند ۱) و بار دوم از همان شرایط اولیه به طور ایزونتروپیک صورت گیرد (فرآیند ۲)، بازدهی توربین (η) کدام است؟

$$\left[\frac{T_{e,2}}{T_i} = b, \frac{T_{e,1}}{T_i} = a, P_{e,1} = P_{e,2}\right]$$

$$\eta = \frac{1 - \left(\frac{a}{b}\right)}{1 + \left(\frac{a}{b}\right)} \quad (4) \quad \eta = 1 - \frac{a}{b} \quad (3) \quad \eta = \frac{1-a}{1-b} \quad (2) \quad \eta = \frac{1-b}{1-a} \quad (1)$$

۴ - گازی از معادله حالت $P = \frac{RT}{V-b} + \frac{a}{TV^2}$ پیروی می کند که a و b مقادیر ثابتی می باشند، اگر در حجم ثابت، دما و فشار گاز را تغییر

دهیم، در این صورت ضریب تراکم پذیری گاز (Z) کدام است؟

(۱) با کاهش دما افزایش می یابد. (۲) با افزایش دما افزایش می یابد.

(۳) با دو برابر شدن دما دو برابر می شود. (۴) برای این گاز با تغییر دما، ضریب تراکم پذیری تغییری نمی کند.

۵- برای یک گاز ساده معین که از معادله حالت $V = \frac{RT}{P} + \frac{b}{T}$ پیروی می کند (b مقدار ثابتی است)، با استفاده از رابطه ماکسول $(\frac{\partial S}{\partial P})_T = -(\frac{\partial V}{\partial T})_P$ کدام یک از روابط زیر صحیح است؟

$$(1) \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = \frac{2b}{T} \quad (2) \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = \frac{-b}{T^2} \quad (3) \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = \frac{2b}{T^2} \quad (4) \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = 2bT$$

۶- یک مکعب فلزی با چگالی $5 \frac{gr}{cm^3}$ و طول ضلع 2 cm و گرمای ویژه $1 \frac{J}{gr \cdot K}$ و دمای $627^\circ C$ را در استخری با دمای $27^\circ C$ به مدت طولانی قرار می دهیم. تغییر آنتروپی مکعب چقدر است؟ ($\ln 3 \approx 1$)

$$(1) -40 \frac{kJ}{K} \quad (2) -80 \frac{kJ}{K} \quad (3) -400 \frac{kJ}{K} \quad (4) -800 \frac{kJ}{K}$$

۷- گرما دادن به سیستم چه اثری روی آنتروپی خواهد داشت؟

(۱) افزایش آنتروپی (۲) کاهش آنتروپی

(۳) تأثیری بر آنتروپی نخواهد داشت. (۴) اثر آن با توجه به شرایط سیستم متفاوت است.

۸- بازده ایزنتروپیک کمپرسوری که دمای سیال ورودی و خروجی آن به ترتیب 300 K و 600 K می باشد، برابر 75% است. اگر این کمپرسور در شرایط ایزوترم کار کند و بازده آن 80% باشد، کار ورودی آن چقدر خواهد بود؟ (دماهای داده شده مربوط به حالت ایزنتروپیک می باشد

$$\text{و } (C_p = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K})$$

$$(1) 187/5 \frac{kJ}{kg} \quad (2) 281/25 \frac{kJ}{kg} \quad (3) 300 \frac{kJ}{kg} \quad (4) 320 \frac{kJ}{kg}$$

۹- برای یک مخلوط سه جزئی در T و P ثابت، خاصیت مولار M به صورت زیر می باشد که M_0 عددی ثابت و M_i ها مربوط به گونه های خالص i می باشند. \bar{M}_1 کدام است؟

$$M = x_1 M_1 + x_2 M_2 + x_3 M_3 + x_1 x_2 x_3 M_0$$

$$(1) M_1 + x_2 x_3 (x_2 + x_3 - x_1) M_0 \quad (2) M_1 - x_2 x_3 (x_2 + x_3 - x_1) M_0$$

$$(3) M_1 - x_1 (x_2 + x_3 - x_1) M_0 \quad (4) M_1 + x_1 (x_2 + x_3 - x_1) M_0$$

۱۰- در یک محلول دوجزئی در T و P ثابت کدام یک از عبارات زیر صادق است؟

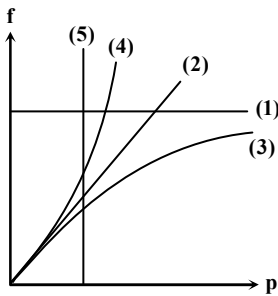
$$(1) x_1 \left(\frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial x_1}\right) + x_2 \left(\frac{\partial \ln \hat{f}_2}{\partial x_1}\right) = 0 \quad (2) x_1 \left(\frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial x_1}\right) - x_2 \left(\frac{\partial \ln \hat{f}_2}{\partial x_1}\right) = 0$$

$$(3) x_1 \left(\frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial x_1}\right) - x_2 \left(\frac{\partial \ln \hat{f}_2}{\partial x_1}\right) = 0 \quad (4) \left(\frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial x_1}\right) = \left(\frac{\partial \ln \hat{f}_2}{\partial x_1}\right)$$

۱۱- در یک محلول دوجزئی از اجزاء ۱ و ۲، حجم مولی جزئی و نیز حجم مولی ماده خالص اجزاء به قرار زیر می باشند. اگر 10 مول از جزء (۱) با 20 مول از جزء (۲) با هم در دما و فشار ثابت مخلوط شوند، تغییر حجم در اثر اختلاط بر حسب سانتی متر مکعب چقدر خواهد بود؟

جزء	$v \left(\frac{cm^3}{mol}\right)$	$\bar{v} \left(\frac{cm^3}{mol}\right)$	
۱	۲	۲/۵	۹ (۱)
۲	۱/۵	۱/۳	۵ (۲)
			۴ (۳)
			۱ (۴)

۱۲- کدام یک از نمودارهای نشان داده شده برای منحنی فوگاسیته بر حسب فشار یک گاز ایده آل صحیح می باشد؟



(۱) منحنی (۱)

(۲) منحنی (۲)

(۳) منحنی (۳) و (۴) هر دو می توانند.

(۴) منحنی (۵)

۱۳- گاز ایده آلی از شرایط اولیه P_1 و V_1 تا شرایط ثانویه P_2 و V_2 طوری متراکم می شود، که در طول مسیر $PV^{1/2} = \text{cte}$ می باشد، اگر برای این

گاز ایده آل $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1/4$ باشد، تغییر آنتروپی این گاز کدام است؟

(۱) مثبت است (۲) منفی است (۳) صفر است (۴) بستگی به جنس گاز دارد

۱۴- کدام گزینه صحیح می باشد؟

(۱) اگر در یک فشار مشخص، دمای سیال از دمای اشباع آن کمتر باشد، در این صورت مایع سرد یا متراکم داریم.

(۲) اگر در یک دمای مشخص، فشار سیال از فشار اشباع کمتر باشد، در این صورت بخار داغ یا سوپرهیت داریم.

(۳) به مایعی که در یک فرآیند فشار ثابت، دمای آن به دمایی بالاتر از دمای جوش افزایش داده شده ولی هنوز تبخیر نشده باشد، سوپرهیت می گویند.

(۴) تمام موارد صحیح می باشند.

۱۵- چه موقع C_p یک ماده برابر با C_v آن خواهد شد؟

(۱) در جامدات و مایعات (۲) در سیالات تراکم پذیر (۳) برای آب در دمای 4°C (۴) گزینه های ۱ و ۳

۱۶- آیا ممکن است یک موتور حرارتی ساخت که بین دو درجه حرارت 800°K و 300°K کار کرده و مقدار گرمای گرفته شده از منبع

گرم 500°kJ ، گرمای داده شده به منبع سرد $187/5^\circ\text{kJ}$ و کار انجام شده توسط این موتور 200°kJ باشد؟

(۱) ممکن است.

(۲) ممکن نیست زیرا قانون اول ترمودینامیک را نقض می کند.

(۳) ممکن نیست زیرا قانون دوم ترمودینامیک را نقض می کند.

(۴) ممکن نیست زیرا هر دو قانون اول و دوم ترمودینامیک را نقض می کند.

۱۷- یک یخچال با $\text{COP} = 4$ برای ایجاد یک تن سرما معادل $\frac{12000 \text{ Btu}}{\text{hr}}$ به کار می رود. چنانچه کمپرسور یخچال دارای راندمان ۷۵ درصد،

تلفات انرژی در خطوط انتقال انرژی ۱۰ درصد و راندمان تبدیل انرژی گرمایی سوخت به الکتریسیته ۲۵ درصد باشد، انرژی تولید شده در نیروگاه

کدام است؟

(۱) $4000 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$ (۲) $4400 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$ (۳) $17600 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$ (۴) $3000 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$

۱۸- برای یک سیستم دوجزئی که درجه حرارت و فشار ثابت است، انرژی مازاد گیبس کدام است؟

(۱) $G^E = RT(x_1 \ln \gamma_1 + x_2 \ln \gamma_2)$ (ضریب اکتیویته γ) (۲) $G^E = RT(n_1 \ln \phi_1 + n_2 \ln \phi_2)$ (ضریب فوگاسیته ϕ)

(۳) $G^E = RT(x_1 \ln \mu_1 + x_2 \ln \mu_2)$ (پتانسیل شیمیایی μ) (۴) گزینه ۱ و ۲

۱۹- در یک محلول دوجزئی، $\bar{V}_1 = 2x_1 + 2$ می باشد. چنانچه دما و فشار محلول ثابت باشد، \bar{V}_2 برابر با کدام گزینه خواهد بود؟ (حجم ویژه

خالص جزء دوم برابر ۵ می باشد.)

(۱) $\bar{V}_2 = 2 \ln x_2 - 2x_2 + 7$ (۲) $\bar{V}_2 = 2 \ln x_2 - 2x_2 + 5$ (۳) $\bar{V}_2 = 2 \ln x_2 - 2x_2 + 3$ (۴) $\bar{V}_2 = 2x_2 - 2 \ln x_2 + 12$

۲۰- در یک محلول ایده آل، اختلاط دو ماده یک فرآیند است که با آنتروپی همراه بوده و تغییر انرژی گیبس در اثر اختلاط می باشد.

(۱) بازگشت ناپذیر - افزایش - منفی (۲) بازگشت ناپذیر - افزایش - مثبت (۳) بازگشت پذیر - کاهش - منفی (۴) بازگشت پذیر - کاهش - مثبت

ترمودینامیک

۱ - گزینه «۲»

فرآیند همدم (ایزوترم)

برای گاز ایده‌آل در یک فرآیند همدم روابط زیر برقرار است:

$$du = nC_v dT = Q - W = 0 \Rightarrow Q = W$$

$$Q = W = \int P dv = \int nRT \frac{dv}{v}$$

$$Q = W = nRT \ln \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow Q = W = nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

$$\text{در این مسئله } w = \int_1^2 P dv = \int_1^2 \frac{RT}{v-b} dv = RT \ln \frac{v_2-b}{v_1-b} \quad v_2 = 2v_1$$

$$\Rightarrow w = RT \ln \left(\frac{2v_1-b}{v_1-b} \right) = RT \ln \left(\frac{v_1+v_1-b}{v_1-b} \right)$$

$$\Rightarrow w = RT \ln \left(1 + \frac{v_1}{v_1-b} \right) = P_1(v_1-b) \ln \left(1 + \frac{v_1}{v_1-b} \right)$$

۲ - گزینه «۲»

$$PV^\gamma = \text{cte}$$

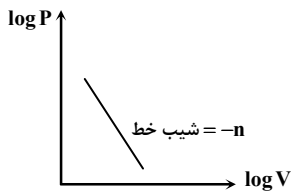
فرآیندهای ایزنتروپیک (آدیاباتیکی)

فرآیندهای ایزنتروپیک فرآیندهای برگشت پذیری هستند که عایق و آدیاباتیکی بوده و انتقال حرارت ندارند و برای آنها روابط زیر بین P و T و V برقرار است:

$$(۱) \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma \quad (۲) \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (۳) \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \quad (\gamma = \frac{C_p}{C_v}, \text{ دما بر حسب کلوین})$$

نکته: در حالت کلی فرآیندهای پلی تروپیک را به صورت $PV^n = \text{cte}$ تعریف می‌نماییم که فرآیندهای برگشت پذیری هستند که توام با انتقال حرارت می‌باشند. بدین ترتیب تمامی روابط ایزنتروپیک برای پلی تروپیک هم برقرار است و فقط کافی است به جای γ ، n قرار دهیم.

$$PV^n = C \Rightarrow \log P + n \log V = \log C \Rightarrow \log P = -n \log V + \log C \Rightarrow \begin{cases} n = 0 \xrightarrow{\text{نوع فرآیند}} P = \text{cte} \\ n = 1 \xrightarrow{\text{نوع فرآیند}} T = \text{cte} \\ n = \gamma \xrightarrow{\text{نوع فرآیند}} S = \text{cte} \\ n = \infty \xrightarrow{\text{نوع فرآیند}} V = \text{cte} \end{cases}$$



$$w = \int_1^2 P dv = \int_1^2 C V^{-n} dv = C \left[\frac{V^{-n+1}}{-n+1} \right]_1^2$$

بدین ترتیب کار در فرآیندهای پلی تروپیک به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Rightarrow w = C \left(\frac{V_2^{1-n} - V_1^{1-n}}{1-n} \right) = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n} \Rightarrow w = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{n-1} = \frac{R(T_1 - T_2)}{n-1}$$

۳ - گزینه «۲»



محاسبه کار فرآیند برگشت‌ناپذیر (کارآیی توربین)

در یک سیستم جریان دار مثل پمپ، توربین و کمپرسور کار برابر است با گیبس ورودی منهای گیبس خروجی

نکات توربین

$$(۱) \quad Q + \dot{m}_i h_i = w + \dot{m}_e h_e \quad \text{معمولاً } \dot{m}_i = \dot{m}_e \quad \text{در صورت وجود دبی}$$

$$(۲) \quad Q + h_i = h_e + w \quad \text{در صورت عدم وجود دبی}$$

$$(۳) \quad \eta_t = \frac{w_{\text{Real}}}{w_{\text{ideal}}} \quad \text{بازده تجهیزات جریان دار}$$

برای توربین گازی آدیاباتیکی با فرض داشتن گاز ایده‌آل داریم:

$$(۴) \quad Q + h_i = h_e + w \xrightarrow{Q=0} \begin{cases} w_{\text{Real}} = h_i - h_{e,1} = C_p(T_i - T_{e,1}) & \text{کار تولید واقعی} \\ w_{\text{ideal}} = h_i - h_{e,2} = C_p(T_i - T_{e,2}) & \text{کار تولیدی ایده‌آل یا ماکزیمم} \end{cases}$$

$$\eta_t = \frac{h_i - h_{e,1}}{h_i - h_{e,2}} \approx \frac{T_i - T_{e,1}}{T_i - T_{e,2}} \quad \text{در این مسأله}$$

$$\Rightarrow \eta_t = \frac{T_i \left(1 - \frac{T_{e,1}}{T_i}\right)}{T_i \left(1 - \frac{T_{e,2}}{T_i}\right)} = \frac{1-a}{1-b}$$

۴ - گزینه «۱»

$$Z = \frac{PV}{RT} \quad \text{ضریب تراکم‌پذیری در گازهای واقعی}$$

نکته: برای بررسی و تغییر ضریب تراکم‌پذیری همواره سعی می‌کنیم عبارت $\frac{PV}{RT}$ را از روی معادلات حالت بسازیم.

$$P = \frac{RT}{V-b} + \frac{a}{TV^2} \Rightarrow Z = \frac{PV}{RT} = \frac{V}{V-b} + \frac{a}{RT^2V} \quad \text{در این مسأله}$$

طبق فرض مسأله مقدار V و b ثابت بوده و در نتیجه $\frac{V}{V-b}$ مقدار ثابتی است. با کاهش دما عبارت دوم زیاد شده و در نتیجه ضریب تراکم‌پذیری Z افزایش می‌یابد.

$$T \downarrow \Rightarrow Z \uparrow \Rightarrow \text{کل کسر بزرگ می‌شود.} \Rightarrow \text{چون در مخرج کسر است.}$$

۵ - گزینه «۱»

روابط ترمودینامیکی ماکسول

نکته: روابط زیر از ترکیب قانون اول و دوم ترمودینامیک برای یک سیستم بسته در حالت برگشت‌پذیر به دست آمده و برای سیستم برگشت‌ناپذیر نیز درست است:

(۱) $du = Tds - Pdv$	انرژی داخلی $U = Q - W$
(۲) $dh = Tds + Vdp$	آنتالپی $h = \Delta U + \Delta(Pv)$
(۳) $dg = Vdp - SdT$	انرژی گیبس $g = h - TS$
(۴) $da = -Pdv - SdT$	انرژی هلمهولتز $a = U - TS$

اگر شرط کامل بودن معادله دیفرانسیل را برای روابط فوق بنویسیم به نتایج زیر می‌رسیم:

$$\begin{aligned} (۱) \Rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S &= -\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V & (۲) \Rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S &= \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P \\ (۳) \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T &= -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P & (۴) \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T &= \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \end{aligned}$$

روابط (۳) و (۴) خیلی مهم است چون از آنجا که آنتروپی کمیت قابل اندازه‌گیری نیست، به این وسیله به کمیت‌های قابل اندازه‌گیری دما و فشار و حجم تبدیل می‌شود.

$$dh = Tds + Vdp \Rightarrow \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = T\left(\frac{\partial s}{\partial p}\right)_T + V = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \quad (I)$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{P} + b\left(\frac{-1}{T^2}\right) \quad (II) \quad \text{حال از معادله حالت داده شده } \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \text{ را حساب می‌کنیم:}$$

$$(I) \text{ و } (II) \Rightarrow \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = \frac{RT}{P} + \frac{b}{T} - T\left(\frac{R}{P} - \frac{b}{T^2}\right) \Rightarrow \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = \frac{2b}{T}$$

۶- گزینه «۳»

محاسبه تغییر آنتروپی مایعات و جامدات

$$ds = C_p \frac{dT}{T} - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dp$$

۱- برای مایعات و جامدات تغییرات حجم در مقابل دما بسیار ناچیز است.

۲- برای مایعات و جامدات C_p و C_v تقریباً با هم برابر هستند

$$\left. \begin{aligned} (۱) \Rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P &= 0 \\ (۲) \Rightarrow C_p &= C_v = C \end{aligned} \right\} \Rightarrow ds = C \frac{dT}{T} \Rightarrow \Delta s = C \ln \frac{T_2}{T_1}$$

تغییرات آنتروپی به ازای واحد جرم یعنی با دیمانسیون $\frac{kJ}{kg.K}$

$$\Rightarrow \Delta S = m C \ln \frac{T_2}{T_1} = \rho v C \ln \frac{T_2}{T_1} \quad \begin{matrix} \text{دمای محیط} \\ \text{دمای جسم} \end{matrix}$$

(T برحسب کلوین) تغییرات آنتروپی به ازای جرم m کیلوگرم

$$\Delta S = \left(5 \frac{gr}{cm^3}\right) \times (20 cm)^3 \times \left(10 \frac{J}{gr.K}\right) \ln \frac{27+273}{627+273} = 5 \times 80000 \times \ln \frac{300}{900} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta S = 400000 \times \ln \frac{1}{3} = -400000 \frac{J}{K} = -400 \frac{kJ}{K}$$

۷- گزینه «۱»

بررسی مفهومی و ریاضی تغییرات آنتروپی

$$du = Tds - PdV \Rightarrow ds = \frac{1}{T} (du + PdV) \Rightarrow ds = \frac{1}{T} (\delta Q - \delta W + PdV) \quad (1)$$

$$(2) \quad \delta W' \text{ کار هدر رفته} + \delta W \text{ کار تولیدی} = PdV \text{ حداکثر کاری که می توان تولید کرد (کار در حالت برگشت پذیر) از طرفی}$$

$$(1) \text{ و } (2) \Rightarrow ds = \frac{1}{T} (\delta Q - \delta W + \delta W + \delta W') \Rightarrow ds = \frac{\delta Q}{T} + \frac{\delta W'}{T}$$

$$\Rightarrow \delta W' = 0 \Rightarrow \Delta s = \int \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Rightarrow \delta W', T > 0 \Rightarrow \frac{\delta W'}{T} > 0 \Rightarrow ds > \frac{\delta Q}{T}$$

الف - چگونه آنتروپی یک سیستم را افزایش دهیم؟

۱- سیستم را در مسیر بازگشت ناپذیر قرار می دهیم تا $\delta W'$ افزایش پیدا کند.

۲- به سیستم گرما و حرارت می دهیم یعنی Q را افزایش می دهیم.

نکته: کاهش دما جزء راه های «الف» نیست چون عملاً دما فقط تا حدی مشخص می توان کاهش داد.

ب - چگونه آنتروپی یک سیستم را کاهش دهیم؟

۱- برای کاهش آنتروپی سیستم فقط یک راه وجود دارد و آن این که حرارت به نحوی از سیستم خارج شود.

نکته: کاهش $\delta W'$ یا افزایش دما جزء راه های «ب» نیست چون اصطکاک و بازگشت ناپذیری را تا یک حدی می توان کاهش داد و $\delta W'$ در مقایسه با Q زیاد نیست.

۸- گزینه «۴»

بازده ایزنتروپیک و هم دما

$$\eta_{\text{isentropic}} = \frac{\text{کار مصرفی ایده آل}}{\text{کار مصرفی واقعی}} = \frac{W_s}{W_a} = 0.75 \quad (I)$$

$$\eta_{\text{isotherm}} = \frac{\text{کار ورودی}}{\text{کار مصرفی}} = \frac{W_t}{W_a} = 0.8 \quad (II)$$

$$W_s = h_i - h_{es} = C_p(T_i - T_{es})$$

$$W_s = 1 \times (300 - 600) = -300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (III)$$

$$(I), (III) \Rightarrow W_a = -400 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (IV)$$

$$(II), (IV) \Rightarrow W_t = -320 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

علامت منفی نشان دهنده ورود کار به سیستم است.

۹- گزینه «۱»

خواص جزئی مولی (پارشال)

برای جزء i در یک محلول، خاصیت جزئی مولی (\bar{M}_i) به صورت روبرو تعریف می‌شود.

$$\bar{M}_i = \left[\frac{\partial(nM)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j}$$

که در آن M نشانگر مقدار مولی هر خاصیت غیرمتمرکز (Extensive) ترمودینامیکی برای محلول مورد نظر است. این معادله در واقع نحوه توزیع یک خاصیت محلول را در میان اجزاء آن تعریف می‌کند.

نکته

۱- تعریف خاصیت جزئی مولی تنها برای خواص غیرمتمرکزی به کار می‌رود که می‌توان آن را به صورت مولی نوشت و در مورد خواص مثل P و T تعریف فوق به کار نمی‌رود.

۲- برای یک ماده خالص، \bar{M}_i برابر با M_i (خاصیت مولی i خالص) است.

۳- در ترمودینامیک محلول‌ها سه نوع خاصیت به کار می‌روند که توسط نمادهای زیر نشان داده می‌شوند:

خواص محلول M / خواص جزئی \bar{M}_i / خواص جزء خالص M_i

$$\bar{M}_1 = \left[\frac{\partial(nM)}{\partial n_1} \right]_{T, P, n_2, n_3} = \frac{\partial}{\partial n_1} \left[n_1 M_1 + n_2 M_2 + n_3 M_3 + \frac{n_1 n_2 n_3}{n^2} M_0 \right]$$

$$\Rightarrow \bar{M}_1 = M_1 + n_2 n_3 \left[\frac{n_2 + n_3 - n_1}{n^3} \right] M_0$$

$$\Rightarrow \bar{M}_1 = M_1 + x_2 x_3 (x_2 + x_3 - x_1) M_0$$

۱۰- گزینه «۲»

با توجه به توضیحات سوال قبل یک رابطه مهم دیگر معادله گیبس - دوهام است که در حالت کلی برای یک فاز همگن چنین نوشته می‌شود:

$$\left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_{P, X} dT + \left(\frac{\partial M}{\partial P} \right)_{T, X} dP - \sum (x_i d\bar{M}_i) = 0$$

$$\text{if } T, P : \text{Const} \Rightarrow \sum x_i d\bar{M}_i = 0 \quad (T \text{ و } P \text{ ثابت})$$

معادله بسیار مهمی که برای محاسبه \bar{M}_i از مقادیر داده شده M و جزءهای مولی کاربرد دارد چنین است:

$$\bar{M}_i = M - \sum_{k \neq i} \left[x_k \left(\frac{\partial M}{\partial x_k} \right)_{T, P, x_L \neq i, K} \right]$$

برای حالت خاص در مورد یک محلول دوجزئی معادله فوق به شکل زیر در می‌آید:

$$\bar{M}_1 = M + (1 - x_1) \frac{dM}{dx_1}, \quad \bar{M}_2 = M - x_1 \frac{dM}{dx_1}$$

در این مسأله اگر رابطه گیبس - دوهام را در مورد فوگاسیته بنویسیم:

$$\sum x_i d \ln \hat{f}_i = 0 \Rightarrow x_1 d \ln \hat{f}_1 + x_2 d \ln \hat{f}_2 = 0$$

با تقسیم طرفین بر dx_1 خواهیم داشت:

$$x_1 \left(\frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial x_1} \right) + x_2 \left(\frac{\partial \ln \hat{f}_2}{\partial x_1} \right) = 0 \quad (1)$$

از طرف دیگر:

$$\left(\frac{\partial \text{Ln}\hat{f}_r}{\partial x_1}\right) = \left(\frac{\partial \text{Ln}\hat{f}_r}{\partial x_r}\right)\left(\frac{\partial x_r}{\partial x_1}\right)$$

$$x_1 + x_r = 1 \Rightarrow dx_r + dx_1 = 0 \Rightarrow \left(\frac{\partial x_r}{\partial x_1}\right) = -1$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial \text{Ln}\hat{f}_r}{\partial x_1}\right) = -\left(\frac{\partial \text{Ln}\hat{f}_r}{\partial x_r}\right) \quad (r)$$

$$(1) \text{ و } (r) \Rightarrow x_1\left(\frac{\partial \text{Ln}\hat{f}_1}{\partial x_1}\right) - x_r\left(\frac{\partial \text{Ln}\hat{f}_r}{\partial x_r}\right) = 0$$

۱۱- گزینه «۴»

تغییرات خاصیت در اثر اختلاط

اگر M یک خاصیت ترمودینامیکی باشد، تغییرات خاصیت M را در اثر اختلاط به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$\Delta M_{\text{mixing}} = M^{\text{Real}} - M^{\text{ideal}} = \sum x_i \bar{M}_i - \sum x_i M_i = \sum x_i (\bar{M}_i - M_i)$$

$$\text{در این مسأله } V^{\text{Real}} = n_1 \bar{V}_1 + n_r \bar{V}_r, V^{\text{ideal}} = n_1 v_1 + n_r v_r,$$

$$\Delta V_{\text{mixing}} = V^{\text{Real}} - V^{\text{ideal}} = n_1 (\bar{v}_1 - v_1) + n_r (\bar{v}_r - v_r)$$

$$\Rightarrow \Delta V_{\text{mixing}} = 10(2/5 - 2) + 20(1/3 - 1/5) = 5 - 4 = 1 \text{ cm}^3$$

۱۲- گزینه «۲»

فוגاسیته و ضریب فوگاسیته

نکات مهم

$$(۱) \lim_{P \rightarrow 0} \left(\frac{f}{P} \right) = \lim_{P \rightarrow 0} \phi = 1$$

$$(۲) \phi = e^{\int_0^P \left(\frac{Z-1}{P} \right) dP} \quad \text{ضریب فوگاسیته}$$

$$(۳) f = P e^{\int_0^P \left(\frac{Z-1}{P} \right) dP} \quad \text{فوگاسیته}$$

$$(۴) \text{ برای جسم خالص } \begin{cases} dG_i = RT d \ln f_i \\ \lim_{P \rightarrow 0} \left(\frac{f_i}{P} \right) = 1 \\ \phi_i = \frac{f_i}{P} \end{cases} \quad (T \text{ ثابت})$$

در این مسأله برای گاز ایده آل $\frac{f}{P} = 1$ بوده و لذا منحنی شماره (۲) جواب صحیح می باشد.

۱۳- گزینه «۲»

محاسبه تغییر آنتروپی گازهای ایده آل

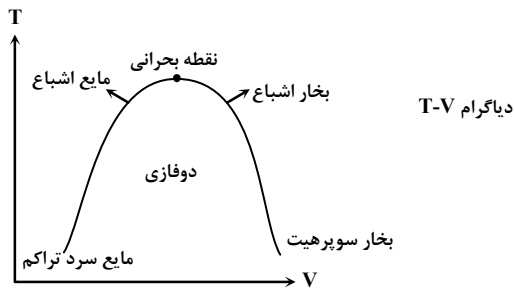
$$\left. \begin{aligned} ds &= \frac{C_p}{T} dT - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dP \\ ds &= \frac{C_v}{T} dT + \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V dV \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ds = \frac{C_p}{T} dT - \frac{R}{P} dP \\ ds = \frac{C_v}{T} dT + \frac{R}{V} dV \end{cases} \Rightarrow v = \frac{RT}{P} \text{ اگر گاز ایده آل باشد.}$$

$$\Delta s = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad \text{تغییر آنتروپی گاز ایده آل} \quad C_p = \frac{R\gamma}{\gamma-1}, C_v = \frac{R}{\gamma-1}$$

$$Pv^n = \text{cte} \xrightarrow{\text{جاگذاری}} \Delta s = \frac{R\gamma}{\gamma-1} \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow \Delta s = \left(\frac{R\gamma}{\gamma-1} \right) \left(\frac{n-1}{n} \right) \ln \frac{P_2}{P_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Rightarrow \Delta s = \left(R \ln \frac{P_2}{P_1} \right) \left(\frac{\gamma(n-1)}{n(\gamma-1)} - 1 \right) \Rightarrow \Delta s = R \cdot \frac{n-\gamma}{n(\gamma-1)} \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\left. \begin{aligned} n &= 1/2 \\ \gamma &= 1/4 \\ \frac{P_2}{P_1} &> 1 \text{ تراکم} \end{aligned} \right\} \Rightarrow n - \gamma < 0 \Rightarrow \Delta s < 0. \text{ تغییرات آنتروپی منفی است.}$$



تعاریف و مفاهیم مهم

۱- نقطه بحرانی

الف - نقطه بحرانی بالاترین دما و فشاری است که در آن تعادل بخار و مایع امکان پذیر می باشد.

ب - نقطه بحرانی هر ماده تنها نقطه‌ای است که در آن فرآیند تبخیر در فشار ثابت وجود ندارد چون در این نقطه:

$$Q = \Delta H = 0$$

۲- گاز

اگر حرارت داده شده به سیال طوری باشد که دما از دمای بحرانی بیشتر شود، $(T > T_c)$ ولی فشار از فشار بحرانی کمتر باشد، $(P < P_c)$ آنگاه حالت ماده گاز است.

۳- سیال فوق بحرانی

در این حالت $T > T_c$ و $P > P_c$ بوده و به هیچ طریقی نمی توان سیال فوق بحرانی را کندانس کرد.

۴- مایع سرد یا متراکم (sub cold)

$$\text{sub cold} \Leftarrow \begin{cases} \text{الف - اگر در یک فشار مشخص، دما از دمای اشباع کمتر باشد.} \\ \text{ب - اگر در یک دمای مشخص، فشار از فشار اشباع بیشتر باشد.} \end{cases}$$

۵- بخار داغ یا سوپرهیت (super heated)

$$\text{super heated} \Leftarrow \begin{cases} \text{الف - اگر در یک فشار مشخص، دما از دمای اشباع بیشتر باشد.} \\ \text{ب - اگر در یک دمای مشخص، فشار از فشار اشباع کمتر باشد.} \\ \text{ج - به مایعی که در یک فرآیند فشار ثابت، دمای آن به دمایی بالاتر از دمای جوش افزایش داده شده و لی هنوز تبخیر نشده باشد، سوپرهیت می گویند.} \end{cases}$$

۱۵- گزینه «۴»

تغییرات C_P و C_V برحسب فشار و حجم در دمای ثابت و نتایج معادله زیر:

$$C_P - C_V = -T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P^2 \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T$$

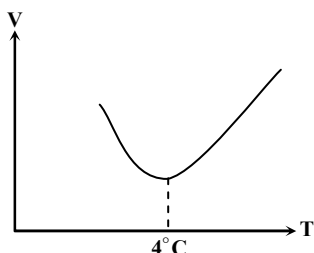
(۱) حجم تمام مواد خالص با افزایش فشار کاهش می‌یابد یعنی:

$$C_P - C_V > 0 \xrightarrow{\text{(برای تمام مواد خالص)}} C_P > C_V, \frac{C_P}{C_V} > 1$$

(۲) طبق تعریف ضریب انبساط حجمی (β) و ضریب تراکم‌پذیری هم‌دما (K):

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P, \quad k = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \Rightarrow C_P - C_V = -T (\beta^2 V^2) \left(\frac{-1}{kV} \right) \Rightarrow C_P - C_V = \frac{\beta^2 TV}{k}$$

در این مسأله حالات تساوی C_P با C_V :



در صفر مطلق کلوین (اگر بتوان به آن رسید). (۱)

(۲) 4°C برای آب $\rightarrow \beta = 0, \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = 0$

(۳) $\rightarrow \beta = K = 0$ برای سیالات تراکم‌ناپذیر

(۴) در این حالت β^2 و V خیلی کوچک است و لذا C_P با C_V تقریباً برابر است \rightarrow برای جامدات و مایعات

۱۶- گزینه «۲»

$$Q_H = 500 \text{ kJ}, \quad Q_L = 187/5 \text{ kJ}, \quad W = 200 \text{ kJ}$$

$$Q_H - Q_L = 500 - 187/5 = 312/5 \neq 200 \Rightarrow$$

$$\left. \begin{aligned} \eta_c = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{800} = 0/625 \\ \eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{200}{500} = 0/4 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

قانون اول ترمودینامیک که قانون بقای انرژی است، نقض شده است.

چون $\eta < \eta_c$ است لذا قانون دوم ترمودینامیک نقض نشده است.

۱۷ - گزینه «۲»

یخچال

یخچال وسیله‌ای است که در یک سیکل عمل می‌کند و نیازمند کار است تا حرارت را از جسم درجه حرارت پایین به جسم درجه حرارت بالا انتقال دهد. کارآیی یک یخچال به صورت ضریب عملکرد بیان می‌شود که با نماد β یا C_{op} نمایش داده می‌شود. در یخچال، انرژی مطلوب گرمای انتقال یافته از فضای تبرید (Q_L) و انرژی هزینه شده، کار (w) می‌باشد.

$$\beta = C_{op} = \frac{\text{انرژی مطلوب}}{\text{انرژی هزینه شده}} = \frac{Q_L}{w} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1}$$

$$W = \frac{Q_L}{\beta} = \frac{12000}{4} = 3000 \text{ Btu/hr}$$

در این مسأله

$$W = \frac{3000}{\eta} = \frac{3000}{0.75} = 4000 \text{ Btu/hr}$$

کار کمپرسور

$$= 4000 \times 1/1 = 4400 \text{ Btu/hr}$$

انرژی تولید شده در نیروگاه

۱۸ - گزینه «۱»

اختلاف دو خاصیت از یک محلول را در اثر اختلاط، Excess می‌گویند:

$$M^E = \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{Real}} - \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{ideal}}$$

اگر M یکی از خواص v, h, u, C_p, C_v باشد آنگاه داریم:

$$\Delta M_{\text{mixing}}^{\text{ideal}} = 0 \Rightarrow M^E = \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{Real}}$$

مهم‌ترین تابع فزونی G^E است که عبارت است از:

$$G^E = \Delta g_{\text{mixing}}^{\text{Real}} - \Delta g_{\text{mixing}}^{\text{ideal}}$$

$$G^E = RT \sum x_i \ln \hat{a}_i - RT \sum x_i \ln x_i \Rightarrow \frac{G^E}{RT} = \sum x_i \ln \frac{\hat{a}_i}{x_i} \xrightarrow{\hat{a}_i = \gamma_i x_i} \frac{G^E}{RT} = \sum x_i \ln \gamma_i$$

$$\frac{G^E}{RT} = \sum x_i \ln \gamma_i \Rightarrow G^E = RT(x_1 \ln \gamma_1 + x_2 \ln \gamma_2)$$

۱۹- گزینه «۱»

در دما و فشار ثابت، رابطه گیبس - دهم برای خاصیت جزئی مولی \bar{M} به صورت زیر نوشته می شود. از این رابطه زمانی استفاده می کنیم که یکی از خواص پارشیال را به ما بدهند و خاصیت پارشیال را برای جزء دوم از ما بخواهند:

$$\sum x_i d\bar{M}_i = 0$$

$$\sum x_i d\bar{V}_i = 0 \Rightarrow x_1 d\bar{V}_1 + x_2 d\bar{V}_2 = 0$$

از طرفی

$$\begin{cases} x_1 = 1 - x_2 \Rightarrow x_1 (2 dx_1) + x_2 d\bar{V}_2 = 0 \Rightarrow d\bar{V}_2 = \frac{-2x_1 dx_1}{x_2} \\ dx_1 = -dx_2 \Rightarrow d\bar{V}_2 = 2\left(\frac{1-x_2}{x_2}\right) dx_2 \Rightarrow d\bar{V}_2 = \left(\frac{2}{x_2} - 2\right) dx_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \bar{V}_2 = 2 \ln x_2 - 2x_2 + C \quad (۱)$$

جمله داخل پرانتز در سوال برای به دست آوردن ثابت انتگرال C بیان شده است:

$$x_2 = 1 \Rightarrow \bar{V}_2 = V = 5 \quad \text{حجم ویژه خالص جزء دوم} \quad (۲)$$

$$(۱), (۲) \Rightarrow 5 = 0 - 2 + C \Rightarrow C = 7 \xrightarrow{\text{جاگذاری در (۱)}} \bar{V}_2 = 2 \ln x_2 - 2x_2 + 7$$

۲۰- گزینه «۱»

در یک محلول ایده آل، برای اختلاط دو ماده نتایج زیر برقرار است:

$$(۱) \Delta V_{\text{mixing}} = 0$$

$$(۲) \Delta h_{\text{mixing}} = 0 \xrightarrow{h=u+\Delta(pv)} (۳) \Delta u_{\text{mixing}} = 0$$

$$(۴) \Delta C_{p\text{mixing}} = 0 \Rightarrow (۵) \Delta C_{v\text{mixing}} = 0$$

(۶) در یک محلول ایده آل، اختلاط دو ماده یک فرآیند بازگشتناپذیر است و با افزایش آنتروپی همراه است. یعنی $\Delta S_{\text{mixing}} > 0$

(۷) در یک محلول ایده آل، در اثر اختلاط دو ماده، تغییر انرژی گیبس منفی می باشد زیرا اختلاط دو ماده خود به خود است و در نتیجه با کاهش انرژی گیبس همراه است یعنی: $\Delta g_{\text{mixing}} < 0$

$$\Delta g_{\text{mixing}} + T \Delta S_{\text{mixing}} = 0 \quad (۸)$$

در یک محلول غیرایده آل، برای اختلاط دو ماده نتایج زیر برقرار است:

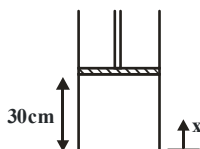
۱- اختلاط دو ماده یک فرآیند بازگشتناپذیر بوده و با افزایش آنتروپی همراه است. یعنی $\Delta S_{\text{mixing}} > 0$

$$\frac{\Delta g_{\text{mixing}}}{RT} = \sum x_i \ln \hat{a}_i \quad (۲)$$

نکته کلی: تغییر آنتروپی در اثر اختلاط دو ماده (محلول ایده آل و غیرایده آل) زمانی max است که جزء مولی دو ماده در محلول با هم مساوی باشند.

حرارت و سیالات

۱ - سیلندر پیستونی با سطح مقطع 100cm^2 محتوی هوا در فشار 300kPa و ارتفاع پیستون در این حالت برابر 30cm می باشد. با حرارت دادن فشار هوا به 500kPa می رسد. در طی این فرآیند فشار متناسب با ارتفاع پیستون است ($P \propto x$) کار انجام شده طی این فرآیند چقدر است؟



(۱) $1/6\text{ J}$

(۲) 2 kJ

(۳) $1/6\text{ kJ}$

(۴) 2 J

۲ - درون یک مخزن صلب مخلوط مایع و بخار از یک ماده خالص وجود دارد. با حرارت دادن به این مخزن. . . .

(۱) کیفیت همیشه زیاد می شود و دما هم افزایش می یابد

(۲) کیفیت ممکن است کم یا زیاد شود و دما هم افزایش می یابد

(۳) کیفیت همیشه زیاد می شود ولی دما ثابت است

(۴) کیفیت ثابت می ماند و دما افزایش می یابد

۳ - در منطقه دوفازی دما وابسته به کدام کمیت زیر می باشد؟

(۱) کیفیت

(۲) فشار

(۳) حجم مخصوص

(۴) همه موارد

۴ - معادله حالت یک گاز $P(V-b) = RT$ می باشد. یک مول از این گاز در یک فرآیند انبساط برگشت پذیر و هم دما از حجم V_1 به حجم

V_2 تغییر می کند. کار انجام شده برابر با کدام یک از گزینه های زیر است؟

(۱) $RT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

(۲) $RT \ln\left(\frac{V_1 - b}{V_2 - b}\right)$

(۳) $RT \ln\left(\frac{bV_2}{V_1}\right)$

(۴) $RT \ln\left(\frac{V_2 - b}{V_1 - b}\right)$

۵ - یک مخزن خالی که جداره آن عایق است، توسط یک شیر به خط اصلی بخار داغ با فشار ۷MPa و دمای ۲۵°C متصل شده است. شیر را باز می‌کنیم تا مخزن از گاز پر گردد. دمای نهایی مخزن چقدر است؟ $(C_p = ۱ \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}, R = ۰/۲ \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}})$

- (۱) ۳۸°C (۲) ۶۵۳°C (۳) ۳۱۲°C (۴) ۴۵°C

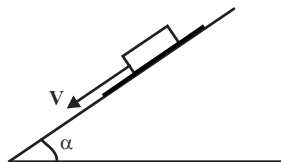
۶ - فشار گاز ایده‌آلی را از شرایط اولیه T_1 و P_1 تا فشار ثانویه P_2 در یک سیستم بسته کاهش می‌دهیم. کدام یک از گزینه‌های زیر در رابطه با این فرآیند صحیح است؟

- (۱) دمای گاز طی یک فرآیند آدیاباتیکی و برگشت پذیر کاهش می‌یابد. (۲) دمای گاز طی یک فرآیند حجم ثابت و برگشت پذیر افزایش می‌یابد.
(۳) حجم گاز طی یک فرآیند ایزوثرم و برگشت پذیر کاهش می‌یابد. (۴) حجم گاز طی یک فرآیند آدیاباتیکی و برگشت پذیر کاهش می‌یابد.

۷ - یک سیلندر پیستون حاوی هوا در فشار ۶۰۰kPa و دمای ۲۹۰K و حجم $۰/۰۱\text{m}^3$ می‌باشد. در یک فرآیند فشار ثابت مقدار ۵۴kJ کار انجام می‌دهد. دمای نهایی سیستم چقدر می‌شود؟

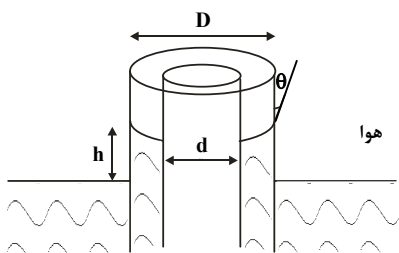
- (۱) ۳۰۰۰K (۲) ۲۹۰K (۳) ۳۰۰K (۴) ۲۹۰۰K

۸ - در شکل مقابل جعبه توسط روغنی با لزجت دینامیکی μ از سطح شیب‌دار جدا شده است و با سرعت ثابت V در حال حرکت به سمت پایین است. فاصله جعبه با سطح شیب دار برابر h می‌باشد. چنانچه این جعبه بر روی مایعی با لزجت ۲μ قرار بگیرد و فاصله جعبه با سطح شیب‌دار $\frac{h}{۲}$ شود، سرعت آن چند برابر می‌شود؟



- (۱) $\frac{1}{۲}$ (۲) $\frac{1}{۴}$ (۳) ۱ (۴) ۴

۹ - در شکل مقابل آب در فضای بین دو استوانه به علت کشش سطحی بالا آمده است. چنانچه قطر استوانه داخلی d و قطر استوانه خارجی D باشد و کشش سطحی آب σ و زاویه تماس θ باشد ارتفاع h چقدر است؟



- (۱) $\frac{۴\sigma\cos\theta}{\rho g(D-d)}$ (۲) $\frac{۲\sigma\cos\theta}{\rho g(D-d)}$ (۳) $\frac{۴\sigma\cos\theta}{\rho g(D+d)}$ (۴) $\frac{۲\sigma\cos\theta}{\rho g(D+d)}$

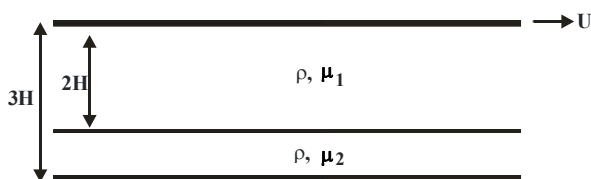
۱۰ - در یک جریان دوبعدی، میدان سرعت به صورت $\vec{V} = (\Delta x)\vec{i} + (۲yt)\vec{j}$ می‌باشد. کدام گزینه زیر معادله خط مسیر عبوری از نقطه (۱, ۱) در لحظه $t = ۰$ می‌باشد؟

- (۱) $x = e^{۲\ln y}$ (۲) $x = e^{۲\sqrt{\ln y}}$ (۳) $x = e^{\Delta \ln y}$ (۴) $x = e^{\Delta \sqrt{\ln y}}$

۱۱ - کدام گزینه نادرست می‌باشد؟

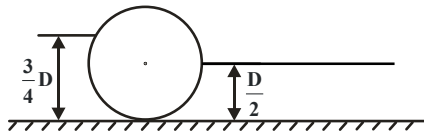
- (۱) برای یک سیال نیوتنی رابطه $\tau \propto \frac{du}{dy}$ برقرار است. (۲) سیال ایده‌آل سیالی است که لزجت آن صفر و تراکم ناپذیر باشد.
(۳) با افزایش درجه حرارت لزجت گازها کاهش می‌یابد. (۴) لزجت در مایعات ناشی از نیروهای بین مولکولی است.

۱۲ - دو مایع غیرقابل اختلاط با چگالی‌های یکسان و لزجت‌های متفاوت فضای بین دو صفحه افقی به فاصله $۳H$ را پر کرده‌اند. صفحه پایینی ثابت و صفحه بالایی با سرعت U کشیده می‌شود. تنش برشی τ که به صفحه پایینی وارد می‌شود، چقدر است؟



- (۱) $\frac{\mu_2 U}{H(1 + \frac{2\mu_1}{\mu_2})}$ (۲) $\frac{\mu_1 U}{H(1 + \frac{2\mu_1}{\mu_2})}$ (۳) $\frac{\mu_2 U}{H(1 + \frac{\mu_2}{2\mu_1})}$ (۴) $\frac{\mu_1 U}{H(1 + \frac{\mu_1}{2\mu_2})}$

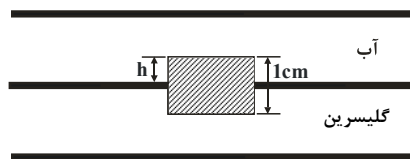
۱۳- در شکل زیر طول استوانه L و قطر آن D می باشد. ارتفاع آب در سمت چپ $\frac{3}{4}D$ و در سمت راست $\frac{D}{4}$ است. نیروی افقی وارده از طرف آب به استوانه چقدر است؟



$$(1) \frac{7}{32} \rho g L D^2 \quad (2) \frac{5}{32} \rho g L D^2$$

$$(3) \frac{9}{32} \rho g L D^2 \quad (4) \frac{11}{32} \rho g L D^2$$

۱۴- مکعب توپری به چگالی $\rho = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ و حجم 1 cm^3 در فصل مشترک آب و گلیسرین معلق مانده که در شکل نشان داده شده است.



چگالی آب $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ و چگالی گلیسرین $1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ است. فاصله h چند سانتی متر است؟

- (1) ۰/۱
(2) ۰/۲
(3) ۰/۳
(4) ۰/۴

۱۵- یک قطعه مس و یک قطعه چوب در دمای 100°C قرار دارند. اگر با دست با آن‌ها تماس صورت گیرد، کدام یک گرم تر به نظر می رسد؟ چرا؟

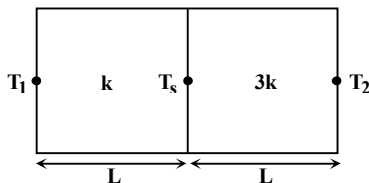
(۱) مس، زیرا ضریب هدایت حرارتی (k) آن بیشتر است.

(۲) مس، زیرا سطح تماس واقعی آن بیشتر است.

(۳) مس، زیرا ضریب نفوذ گرمایی (α) آن بیشتر است.

(۴) هر دو به یک اندازه گرم به نظر می رسند.

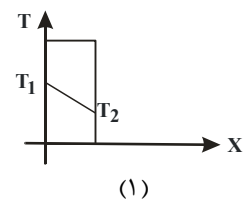
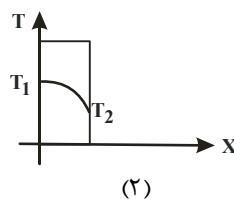
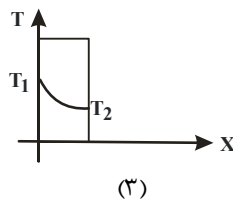
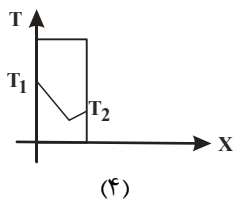
۱۶- دو دیوار مسطح و از لحاظ هندسی کاملاً مشابه می باشند در حالت پایا دمای دو طرف دیواره T_1 و T_2 می باشد. دمای فصل مشترک T_s چقدر است؟



$$(1) T_s = \frac{T_1 + 3T_2}{4} \quad (2) T_s = \frac{3T_1 + T_2}{4}$$

$$(3) T_s = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (4) T_s = \frac{2T_1 + 3T_2}{4}$$

۱۷- دیوار مسطحی دارای ضریب هدایت $k = k_0 + aT$ می باشد که a و k_0 بزرگتر از صفر می باشند. توزیع دما در این دیوار برای حالت پایا کدام شکل می باشد؟



۱۸- استوانه بلندی به شعاع r حرارت داخلی $\dot{q}(\frac{W}{m^3})$ تولید می کند. این استوانه دارای پوسته عایقی به شعاع $2r$ است و در محیطی به دمای T_∞ و ضریب انتقال حرارت h قرار دارد. دمای سطح خارجی پوسته برابر است با:

$$(1) T_\infty + \frac{r\dot{q}}{4h \ln 2} \quad (2) T_\infty + \frac{r\dot{q}}{12h} \quad (3) T_\infty + \frac{r\dot{q}}{2h} \quad (4) T_\infty + \frac{r\dot{q}}{4h}$$

۱۹- کدام رابطه برای شعاع بحرانی عایق در یک استوانه صادق می باشد؟

$$(1) \frac{k}{h} \quad (2) \frac{h}{k} \quad (3) \frac{2k}{h} \quad (4) \frac{h}{2k}$$

۲۰- کدام عبارت در خصوص انتقال حرارت پره ها صحیح می باشد؟

(۱) نصب پره ها همواره آهنگ انتقال حرارت را افزایش می دهد.

(۲) زمانی که ضریب انتقال حرارت محیط زیاد است نصب پره ممکن است مقدار انتقال حرارت را کاهش دهد.

(۳) عملکرد پره در افزایش انتقال حرارت وقتی ضریب جابجایی گرمایی (h) بیشتر باشد، افزایش می یابد.

(۴) عملکرد پره به خواص فیزیکی ماده سازنده پره ارتباطی ندارد.

۲۱- دلیل موازی بودن خطوط آنتالپی ثابت با خطوط دمای حباب تر ثابت، در نمودار رطوبت سنجی چیست؟

(۱) دمای حباب تر با دمای نقطه شبنم مایع یکسان است. (۲) دمای حباب تر با دمای اشباع آدیاباتیک یکسان است.

(۳) دمای حباب خشک با دمای اشباع آدیاباتیک یکسان است. (۴) دمای حباب تر در نسبت رطوبت های متفاوت یکسان است.

۲۲- 1 m^3 از یک مخلوط هوا - بخار آب را در فشار 100 kPa و دمای 35°C و با رطوبت نسبی 70% در نظر بگیرد، نسبت رطوبت چقدر است؟ ($P_g = 5/628\text{ kPa}$)

(۱) $0/08$ (۲) $0/06$ (۳) $0/02$ (۴) $0/04$

۲۳- فشار تصعید بخار آب در دمای 6°C - با توجه به اینکه در 4°C - فشار $0/0129\text{ kPa}$ می باشد، چقدر است؟ (P_g فشار مربوط به

دمای 4°C -، P_g مربوط به دمای 6°C - می باشد.) ($R = 0/46152$ ، $h_{ig} = 2838/9$)

(۱) $\ln \frac{P_g}{P_1} = 2/4$ (۲) $\ln \frac{P_g}{P_1} = 15/3$ (۳) $\ln \frac{P_g}{P_1} = 20/6$ (۴) $\ln \frac{P_g}{P_1} = 42/8$

۲۴- یک مخزن صلب حاوی بخار اشباع آمونیاک در دمای 3°C است. در اثر گرم کردن این سیستم به اندازه 10 درجه سلسیوس تغییر حجم مخصوص چگونه بوده و حالت نهایی آمونیاک چه خواهد بود؟

(۱) $v_2 > v_1$ ، بخار فوق داغ (۲) $v_2 < v_1$ ، بخار اشباع (۳) $v_2 = v_1$ ، بخار فوق داغ (۴) $v_2 = v_1$ ، بخار اشباع

۲۵- گرمای ویژه در حجم ثابت (C_v) و گرمای ویژه در فشار ثابت (C_p) و تفاضل آنها ($C_p - C_v$) برای گاز ایده آل تابع چه خواصی می باشد؟

(۱) C_v تابع دما و حجم - C_p تابع دما و فشار - ($C_p - C_v$) مقداری ثابت است.

(۲) C_v تابع دما و فشار - C_p تابع دما و حجم - ($C_p - C_v$) تابع دما است.

(۳) C_v و C_p و ($C_p - C_v$) مقداری ثابت هستند.

(۴) C_p فقط تابعی از دما و ($C_p - C_v$) مقداری ثابت است.

۲۶- برای ماده‌ای که در حین انجماد منبسط می‌شود با افزایش فشار، دمای انجماد و مراحل تغییر فاز ماده به چه صورت تغییر می‌کند؟

- (۱) دمای انجماد کاهش می‌یابد - ابتدا بخار به جامد و سپس به مایع تبدیل می‌شود.
- (۲) دمای انجماد افزایش می‌یابد - ابتدا بخار به مایع و سپس به جامد تبدیل می‌شود.
- (۳) دمای انجماد کاهش می‌یابد - ابتدا بخار به مایع و سپس به جامد تبدیل می‌شود.
- (۴) دمای انجماد افزایش می‌یابد - ابتدا بخار به جامد و سپس به مایع تبدیل می‌شود.

۲۷- در مورد مدل دالتون برای مخلوط‌های گازی کدام فرض در نظر گرفته شده است؟

(P_A و P_B فشارهای جزئی) (V_A و V_B حجم‌های جزئی) (P و V فشار و حجم کل)

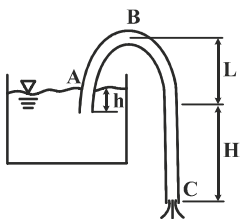
$$V = V_A = V_B \text{ و } P = P_A + P_B \quad (۱)$$

$$V = V_A + V_B \text{ و } P = P_A + P_B \quad (۳)$$

۲۸- نسبت ضریب اصطکاک جریان آرام به ضریب اصطکاک جریان درهم در صورتی که در هر دو جریان $Re = 10000$ باشد، چقدر است؟

- (۱) ۴ (۲) ۰/۴ (۳) ۲ (۴) ۰/۲

۲۹- کدام رابطه در مورد سیفون شکل مقابل صحیح است؟



$$P_B > P_C > P_A \quad (۱)$$

$$P_A > P_B > P_C \quad (۲)$$

$$P_C = +(L + H)\gamma \quad (۳)$$

$$P_B = -(L + H)\gamma \quad (۴)$$

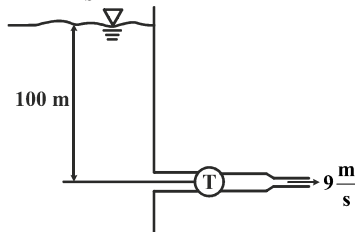
۳۰- برای جریان توسعه یافته داخل لوله به شعاع R در چه فاصله‌ای از جداره لوله سرعت موضعی دو برابر سرعت متوسط است؟

- (۱) R (۲) صفر (۳) $\frac{\sqrt{2}}{2} R$ (۴) $\frac{\sqrt{2}+1}{4} R$

۳۱- کدامیک از جملات زیر صحیح است؟

- (۱) جریان‌های دارای تشابه هندسی، تشابه سینماتیکی نیز دارند.
- (۲) وقتی خطوط جریان مربوط به دو جریان با هم مشابه باشند آن دو جریان تشابه دینامیکی دارند.
- (۳) شرط لازم برای برقراری تشابه دینامیکی آن است که جریان‌ها تشابه سینماتیکی و هندسی داشته باشند.
- (۴) تشابه سینماتیکی یعنی سرعت‌ها در نقاط متناظر موازی هستند.

۳۲- برای لوله‌ای که در شکل نشان داده شده است، با صرفنظر کردن از اصطکاک، هدی که آب به توربین اعمال می‌کند، چقدر است؟ $g = 10 \frac{m}{s^2}$



- (۱) ۹/۹ m (۲) ۶۲ m (۳) ۹۶ m (۴) ۶/۱ m

۳۳- به منظور بررسی جریان در یک رودخانه از کدام گروه از اعداد بدون بعد استفاده می‌شود؟

- (۱) عدد فرود و عدد ماخ (۲) عدد فرود و عدد رینولدز (۳) عدد رینولدز و عدد اولر (۴) عدد ماخ و عدد رینولدز

۳۴- اگر بخواهیم به جای یک لوله با مشخصات (L, D) و ضریب اصطکاک f از سه لوله سری با همان ضریب اصطکاک ولی با

مشخصات (L_1, d_1) و (L_2, d_2) و (L_3, d_3) استفاده کنیم، تا همان افت و دبی را داشته باشیم کدام گزینه صحیح است؟

$$L = D^\gamma \left(\frac{L_1}{d_1^\gamma} + \frac{L_2}{d_2^\gamma} + \frac{L_3}{d_3^\gamma} \right) \quad (۱)$$

$$L = D^\delta \left(\frac{L_1}{d_1^\delta} + \frac{L_2}{d_2^\delta} + \frac{L_3}{d_3^\delta} \right) \quad (۳)$$

$$D^\gamma = L \left(\frac{d_1^\gamma}{L_1} + \frac{d_2^\gamma}{L_2} + \frac{d_3^\gamma}{L_3} \right) \quad (۲)$$

$$D^\delta = L \left(\frac{d_1^\delta}{L_1} + \frac{d_2^\delta}{L_2} + \frac{d_3^\delta}{L_3} \right) \quad (۴)$$

۳۵- بر روی یک صفحه تخت $-\frac{1}{5}$ $NU_x = C_f x$ حاصل شده است. میانگین عدد ناسلت برابر با کدام گزینه است؟ (C_f و C_1 اعداد ثابت)

- (۱) $C_f L^{+\frac{1}{5}}$ (۲) $C_f L^{\frac{6}{5}}$ (۳) $C_f L^{-\frac{1}{5}}$ (۴) $C_f L^{-\frac{6}{5}}$

۳۶- جریان آرام یک فلز مایع روی صفحه تختی با دمای T_s را در نظر بگیرید ($T_s > T_\infty$)، سرعت جریان آزاد U_∞ می‌باشد. توزیع سرعت $U(y)$ به کدام عبارت نزدیک‌تر است؟

$$(1) U \approx U_\infty Pr \quad (2) U \approx \frac{U_\infty}{2} \quad (3) U \approx \frac{U_\infty y}{\delta} \quad (4) U \approx U_\infty$$

۳۷- برای جسمی در حالت انتقال حرارت گذرا که نسبت ضریب هدایت به جابجایی خیلی بزرگ است می‌توان:

- (۱) شار حرارتی از جسم را صفر فرض کرد.
- (۲) جسم را تک‌دما فرض کرد.
- (۳) دمای سطح جسم را با دمای محیط یکسان فرض نمود.
- (۴) شار حرارتی از جسم را ثابت فرض کرد.

۳۸- باد با سرعت 5 m/s در راستای ضلع کوچکتر یک پشته‌بام مستطیل شکل با مساحت $10 \times 20 \text{ m}$ می‌وزد. دمای پشته‌بام برابر 40°C و

دمای جریان آزاد هوا 20°C است. ناسلت متوسط چقدر است؟

$$Pr = 0.72$$

$$v = 0.16 \text{ cm}^2$$

$$(1) 30 \quad (2) 330 \quad (3) 1000 \quad (4) 5$$

۳۹- از روی صفحه سرد هم‌دمایی سیال داغی به صورت آرام جریان دارد اگر x در جهت حرکت سیال باشد، انتظار داریم با افزایش x گرادیان دما در لایه مرزی چگونه باشد؟

- (۱) همواره کم شود.
- (۲) همواره زیاد شود.
- (۳) همواره ثابت بماند.
- (۴) بستگی به عدد پرانتل سیال دارد.

۴۰- یک جسم کروی تا دمای 500°C گرم می‌شود. براساس روش ظرفیت حرارتی فشرده تحت چه شرایطی جسم کروی در ظرف پر از روغن زودتر خنک می‌شود؟

- (۱) جسم دارای ظرفیت گرمای ویژه کمتر و سیال دارای ضریب انتقال حرارت جابجایی بیشتر باشد.
- (۲) جسم دارای ظرفیت گرمای ویژه بیشتر و سیال دارای ضریب انتقال حرارت جابجایی کمتر باشد.
- (۳) جسم با مساحت کوچکتر ولی حجم بزرگتر و چگالی بیشتر باشد.
- (۴) جسم دارای چگالی کمتر و حجم بیشتر باشد.

۴۱- در یک سیلندر گاز Co_2 با دمای 200°C با فشار 300Mpa و حجم 0.2m^3 وجود دارد اگر وزنه‌ها را برداریم تا گاز طبق رابطه

$$PV^{\frac{1}{\gamma}} = \text{cte} \quad \text{منبسط شود و این عمل تا رسیدن به درجه حرارت } 100^\circ\text{C} \text{ ادامه یابد کار انجام شده در طی این فرآیند برابر است با:}$$

(۱) $57/5\text{kJ}$ (۲) $63/4\text{kJ}$ (۳) 130kJ (۴) قابل محاسبه نیست

۴۲- یک یخچال که با سیکل کارنو کار می‌کند و گرما را از منبع سرد با دمای 50°K می‌گیرد و به منبع گرم با دمای 700°K می‌دهد را در نظر بگیرید در این صورت ضریب عملکرد یخچال چند است؟

(۱) $2/5$ (۲) $3/5$ (۳) $0/4$ (۴) $0/3$

۴۳- یک مول از گاز ایده‌آلی به ظرفیت حرارتی ثابت در یک فرآیند برگشت پذیر شرکت می‌کند چنانچه این تحول فشار ثابت باشد آنگاه تغییر

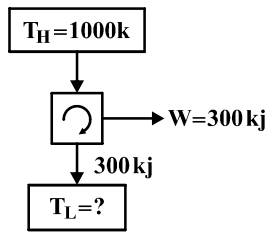
$$\gamma = \frac{C_P}{C_U} \quad \text{انرژی داخلی برابر چند است؟}$$

(۱) $\frac{\gamma}{\gamma-1} P\Delta V$ (۲) $(\gamma-1)P\Delta V$ (۳) $\gamma(\gamma-1)P\Delta V$ (۴) $\frac{1}{\gamma-1} P\Delta V$

۴۴- به یک ظرف صلب محتوی مایع بخار اشباع حرارت می‌دهیم در این صورت مقدار بخار

(۱) کاهش می‌یابد (۲) افزایش می‌یابد (۳) ثابت می‌ماند (۴) هیچکدام

۴۵- موتور حرارتی بازگشت پذیر کارنو روبرو را در نظر بگیرید که بین دو منبع حرارتی $T_H = 1000\text{K}$ و T_L کار می کند در این صورت T_L کدام گزینه است؟



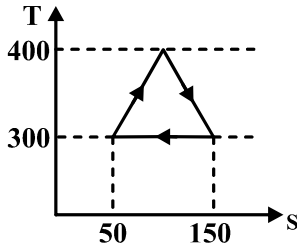
(۴) غیر ممکن است چون $T_L = 0\text{K}$ می رسد

(۱) 137K

(۲) 300K

(۳) 500K

۴۶- راندمان حرارتی سیکل برگشت پذیر شکل روبرو کدام است؟



(۲) 14%

(۱) 25%

(۴) 17%

(۳) 60%

۴۷- یک صفحه شیشه ای متحرک به فاصله 1mm از صفحه ثابت دیگری قرار دارد. بین دو صفحه از سیالی با جرم مخصوص $\frac{1000\text{kg}}{\text{m}^3}$ پر شده

است. اگر نیروی لازم در واحد سطح برای حرکت صفحه متحرک با سرعت ثابت $0.1\frac{\text{m}}{\text{s}}$ معادل $4\text{Pa}(\frac{\text{N}}{\text{m}^2})$ باشد، ضریب لزجت سینماتیکی

سیال ν برابر چند $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ است؟

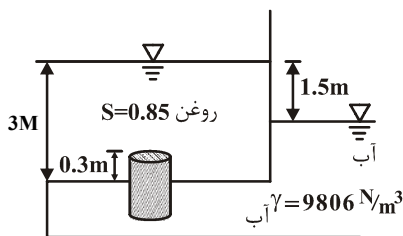
(۴) 0.4×10^{-1}

(۳) 0.4×10^{-2}

(۲) 0.4×10^{-3}

(۱) 0.4

۴۸- در شکل زیر، نیروی مورد نیاز برای نگه داشتن وزنه استوانه ای شکل بتنی در وضعیت تعادلی نشان داده شده چقدر است؟ $(\gamma_{\text{بتن}} = 25\frac{\text{KN}}{\text{m}^3})$



و $\gamma_{\text{آب}} = 9806\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$ ، سطح مقطع استوانه 0.28m^2 و ارتفاع آن 0.5m می باشد)

(۱) $5682/81\text{ (N)}$

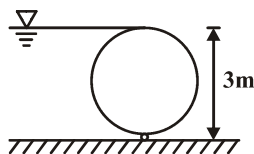
(۲) $5833/83\text{ (N)}$

(۳) $6382/96\text{ (N)}$

(۴) $5133/68\text{ (N)}$

۴۹- یک دریچه استوانه ای به قطر ۳ متر و طول ۸ متر در مقابل آب نصب شده و آب در یک طرف آن تا بالای دریچه می رسد. اندازه و جهت

برآیند نیروی هیدرواستاتیک بر روی دریچه چه مقدار می باشد؟ $(g = 9.81\frac{\text{m}}{\text{s}^2})$



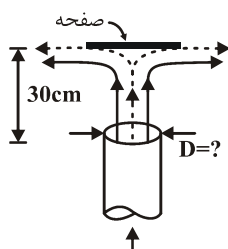
(۱) 449KN ، $38/15^\circ$

(۲) 449KN ، $51/85^\circ$

(۳) 658KN ، $57/52^\circ$

(۴) 658KN ، $32/48^\circ$

۵۰- قطر دهانه نازل باید چقدر باشد تا صفحه ۲۲۳ نیوتنی، تحت جریان با دبی $70\frac{\text{lit}}{\text{s}}$ در ارتفاع 30cm در بالای فواره قرار گیرد؟



$(\gamma_{\text{آب}} = 9806\frac{\text{N}}{\text{m}^3})$

(۱) 19cm

(۲) 15cm

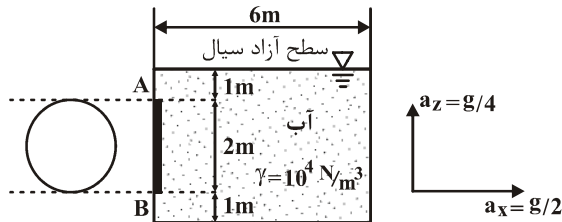
(۳) 17cm

(۴) 21cm

- ۵۱- اگر در سیالی معادله پیوستگی برقرار بوده و جریان دو بعدی و سرعت در جهت x برابر با $u = 2x + 5y$ باشد، مطلوبست سرعت در جهت y .
- (۱) $-5x + c$ (۲) $-5y + c$ (۳) $-2y + c$ (۴) $2y + c$

- ۵۲- یک مخزن روباز حاوی آب به عمق ۱ متر به صورت آزاد سقوط می‌کند. اگر نیروی Drag ناچیز باشد، فشار در ته ظرف چقدر خواهد بود؟
- (۱) کمتر از فشار اتمسفر (۲) برابر با فشار اتمسفر (۳) بیشتر از فشار اتمسفر (۴) فشار سطح آزاد به اضافه فشار هیدرواستاتیک

- ۵۳- مرکز دریچه دایره‌ای شکل AB نصب شده در جدار مخزن شکل زیر به فاصله ۲m از سطح آب در حال سکون قرار دارد. نیروی فشاری وارد بر دریچه، در حالیکه ظرف با شتاب یکنواخت $\frac{g}{2}$ در راستای x و $\frac{g}{4}$ در راستای قائم حرکت داده می‌شود، برابر با کدام گزینه است؟

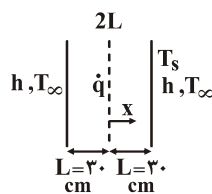


- (۱) ۲۵۱/۳۳ KN
(۲) ۷۸/۵۴ KN
(۳) ۱۷۵/۹۳ KN
(۴) ۱۰۰/۵۳ KN

- ۵۴- یک صفحه جمع کننده انرژی دارای ضریب جذب ۰/۸۵ است. اگر انرژی خورشیدی $\frac{W}{m^2}$ باشد و این صفحه به طریق جابجایی انرژی از دست می‌دهد. در شرایطی که اختلاف دمای جذب کننده و محیط برابر $20^\circ C$ باشد و بازده جمع‌آوری انرژی برای این جمع کننده ۴۰٪ باشد، ضریب جابجایی چقدر است؟

- (۱) ۱۷ (۲) ۳۰ (۳) ۲۵/۵ (۴) ۲۰

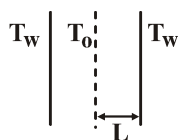
- ۵۵- دیواره یک بعدی مطابق شکل از دو طرف در محیط جابجایی هستند در داخل دیواره چشمه حرارتی باشد $\dot{q} = (1 - \frac{x^2}{L^2})\dot{q}_0$ وجود دارد.



- مطلوبست دمای دیوار در تماس با سیال بر حسب درجه سانتیگراد. $T_\infty = 100^\circ C$, $h = 25 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

- (۱) ۳۰۰
(۲) ۱۴۰
(۳) ۲۰۰
(۴) ۱۸۰

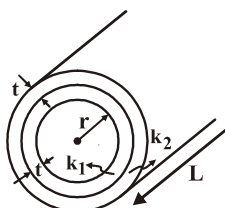
- ۵۶- جسم صلب زیر دارای منبع حرارتی \dot{q} است. در شرایطی که $T_0 = 100^\circ C$ و T_w برابر $20^\circ C$ باشد، دمای دیواره در $x = \frac{L}{2}$ چقدر است؟



- (۱) نمی‌توان تعیین کرد.

- (۲) ۸۰
(۳) ۶۰
(۴) ۴۰

- ۵۷- برای یک استوانه که از دو ماده به ضرائب هدایت k_1, k_2 به طوریکه $(k_2 = 2k_1 = 2k)$ تشکیل شده است. به طوریکه ضخامت هر دو جداره معلوم و برابر t است. اگر شعاع استوانه به سمت یک عدد بزرگ میل کند ($r \gg t$)، مقاومت حرارتی استوانه به کدام یک از مقادیر زیر میل می‌کند. (A سطح داخلی استوانه)

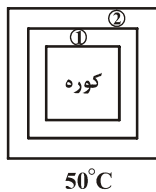


- (۱) $\frac{3t}{2kA}$
(۲) $\frac{t}{2k.A}$
(۳) $\frac{2t}{k.A}$
(۴) $\frac{2t}{3kA}$

۵۸- چنانچه انتقال حرارت از داخل کوره به خارج آن به وضعیت پایا رسیده باشد و مقاومت حرارتی دیواره ۱ و دیواره ۲ و مقاومت حرارتی تماس

آن‌ها به ترتیب $\frac{5}{W}^{\circ}\text{C}$ و $\frac{2}{W}^{\circ}\text{C}$ و $\frac{1}{W}^{\circ}\text{C}$ باشد و اختلاف دمای سطح و دیواره 8°C باشد و دمای سطح آزاد دیواره ۲، 5°C باشد، دمای

کوره چقدر است؟



(۱) 608°C

(۲) 618°C

(۳) 816°C

(۴) 610°C

۵۹- می‌خواهیم بر روی کره‌ای یک ماده عایق کننده بپوشانیم. اگر ضریب هدایت حرارتی k و ضریب انتقال حرارت هوای آزاد h باشد در

ضخامت عایق، اتلاف حرارتی می‌شود.

(۱) $r - \frac{2k}{h}$ ، حداکثر (۲) $r - \frac{2k}{h}$ ، حداقل (۳) $r - \frac{k}{h}$ ، حداکثر (۴) $r - \frac{k}{h}$ ، حداقل

۶۰- در میدلهای مایع - گاز بهتر است از چه پره‌هایی استفاده شود و این پره‌ها چگونه نصب شوند؟

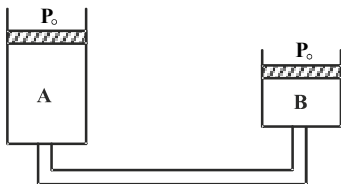
(۱) از پره‌های آهنی استفاده شود و از طرف گاز نصب شود.

(۲) از پره‌های آلومینیومی استفاده شود و از طرف گاز نصب شود.

(۳) از پره‌های آهنی استفاده شود و از طرف مایع نصب شوند.

(۴) از پره‌های آلومینیومی استفاده شود و از طرف مایع نصب شوند.

۶۱- دو مخزن A و B توسط لوله‌ای به هم مرتبط شده‌اند. مساحت مقطع پیستون در A برابر 5 cm^2 و در B برابر 3 cm^2 و جرم پیستون در مخزن A، $m_A = 25\text{ kg}$ می‌باشد. اگر فشار هوای خارج 200 kPa باشد؛ جرم پیستون در مخزن B چه مقدار باشد تا در نهایت پیستون A به کف مخزن A برخورد کند؟



- (۱) $m_B < 15\text{ kg}$
- (۲) $m_B \geq 15\text{ kg}$
- (۳) $m_B \leq 15\text{ kg}$
- (۴) $m_B > 15\text{ kg}$

۶۲- ماده‌ای در دمای 7°C به صورت بخار - مایع اشباع در ظرف صلبی قرار دارد. می‌خواهیم آزمایشی طراحی کنیم که با دادن گرما به ظرف، ماده به نقطه بحرانی برسد. نسبت جرمی اولیه مایع چه مقدار باید باشد؟ (فرض کنید $v_{\text{critical}} = 0.0041$ و $v_{\text{fg}@7^\circ} = 0.042$ و $v_{\text{f}@7^\circ} = 0.0018$)

- (۱) 0.055
- (۲) 0.063
- (۳) 0.945
- (۴) 0.954

۶۳- یک بالن کروی از گاز هلیوم در دما و فشار محیط ($P = 100\text{ kPa}$ و $T = 15^\circ\text{C}$) قرار دارد. این بالن چه مقدار بار می‌تواند حمل کند؟ (قطر بالن را 5 m در نظر بگیرید). $R_{\text{He}} = 2.077$

- (۱) $79/25$
- (۲) $68/3$
- (۳) 50
- (۴) $10/95$

۶۴- یک سیستم سیلندر پیستون شامل یک کیلوگرم آب مایع در دمای 15°C و فشار 300 kPa می‌باشد. یک فنر خطی نیز به پیستون متصل شده است. اگر به سیستم حرارت دهیم تا فشار به 3 MPa و حجم به 1 m^3 برسد، کار انجام شده در طی فرآیند، چقدر است؟

- (۱) $163/35\text{ J}$
- (۲) $163/5\text{ kJ}$
- (۳) $163/35\text{ kJ}$
- (۴) $163/5\text{ J}$

۶۵ - یک منبع گرمایی در دمای 800°K مقدار 1000 kJ گرما به منبع سرد با دمای الف (500°K و ب) 750°K می‌دهد. کدام فرآیند کمتر برگشت‌ناپذیر است و تولید آنتروپی در هر فرآیند چقدر است؟

- (۱) فرآیند «ب» کمتر برگشت‌ناپذیر است و تولید آنتروپی «الف» $2 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ و «ب» $1/33 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ می‌باشد.
 (۲) فرآیند «الف» کمتر برگشت‌ناپذیر است و تولید آنتروپی «الف» $0/75 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ و «ب» $0/8 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ می‌باشد.
 (۳) فرآیند «ب» کمتر برگشت‌ناپذیر است و تولید آنتروپی «الف» $0/75 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ و «ب» $0/8 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ می‌باشد.
 (۴) فرآیند «الف» کمتر برگشت‌ناپذیر می‌باشد و تولید آنتروپی «الف» $2 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ و «ب» $1/33 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ می‌باشد.

۶۶ - جمله S_{gen} در عبارت $\Delta S_{\text{sys}} = \int \frac{SQ}{T} + S_{\text{gen}}$ همواره یک کمیت است و جزء خواص سیستم و به مسیر انجام فرآیند بستگی
 (۱) مثبت - می‌باشد - ندارد (۲) منفی - نمی‌باشد - دارد (۳) منفی - می‌باشد - ندارد (۴) مثبت - نمی‌باشد - دارد

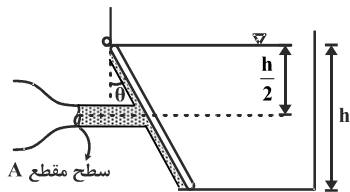
۶۷ - هوا از شرایط اولیه 11°kPa و $T = 2^\circ\text{C}$ به شرایط جدید 500°kPa و $T = 6^\circ\text{C}$ فشرده می‌شود. تغییرات آنتروپی در این فرآیند چقدر می‌باشد؟

- (۱) $+0/7$
 (۲) $-0/3$
 (۳) $-0/7$
 (۴) $+0/3$
- $L_n 110 = 4/700$
 $L_n 500 = 6/215$
 $L_n 60 = 4/094$
 $L_n 333 = 5/808$
 $L_n 20 = 2/996$
 $L_n 293 = 5/680$
- $C_{P\text{avg}} = 1/006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$

۶۸ - تابع پتانسیل سرعت به صورت $\phi = -U_\infty r \cos \theta - k \ln r$ مفروض است که در آن k و U_∞ ثابت می‌باشند. تابع جریان به صورت خواهد بود.

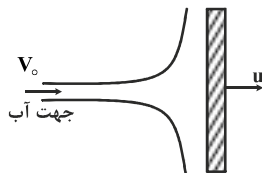
- (۱) $\psi = -U_\infty r \sin \theta - kr$ (۲) $\psi = -U_\infty r \cos \theta - k\theta$ (۳) $\psi = -U_\infty r \sin \theta - k\theta$ (۴) $\psi = U_\infty r \sin \theta - k\theta$

۶۹ - مخزن زیر را در نظر بگیرید که توسط یک جت آب نگهداری می‌شود. سرعت جت آب را طوری بدست آورید که درب مخزن در آستانه جدا شدن قرار گیرد؟ (عرض مخزن واحد است و محتوی آب می‌باشد).



- (۱) $\frac{h}{\cos \theta} \sqrt{\frac{rg}{2A}}$ (۲) $\frac{h}{\cos \theta} \sqrt{\frac{rg}{3A}}$
 (۳) $\frac{h}{\sin \theta} \sqrt{\frac{rg}{3A}}$ (۴) $\frac{h}{\sin \theta} \sqrt{\frac{rg}{2A}}$

۷۰ - نسبت نیروی وارده بر صفحه توسط جت آب، در صورتی که صفحه از جت دور می‌شود به وقتی که به جت نزدیک می‌شود کدام است؟

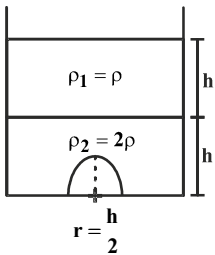


- (۱) $\left(\frac{V_o - u}{V_o + u} \right)$ (۲) $\left(1 + \frac{2u}{V_o - u} \right)$
 (۳) $\left(\frac{V_o + u}{V_o - u} \right)^2$ (۴) $\left(1 - \frac{2u}{V_o + u} \right)^2$

۷۱ - اگر توزیع دما در جو به صورت $T = T_o + kz$ باشد، کدام رابطه نشان‌دهنده توزیع فشار است؟ (R ثابت گاز و g شتاب گرانش زمین می‌باشد).

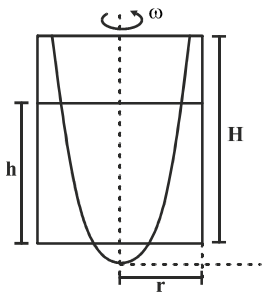
- (۱) $\frac{P}{P_o} = \left\{ \frac{T_o}{T_o + kz} \right\}^{-\frac{g}{Rk}}$ (۲) $\frac{P}{P_o} = \left\{ \frac{T_o}{T_o + kz} \right\}^{\frac{g}{Rk}}$ (۳) $\frac{P}{P_o} = \left\{ \frac{kT_o}{T_o + kz} \right\}^{\frac{g}{R}}$ (۴) $\frac{P}{P_o} = \left\{ \frac{T_o}{T_o + kz} \right\}^{\frac{g}{R}}$

۷۲- یک نیم کره (پوسته نیم کره) در مخزنی قرار دارد و مطابق شکل دو سیال ρ_1 و ρ_2 روی آن قرار دارند. نیروی وارد بر پوسته از طرف سیال کدام است؟



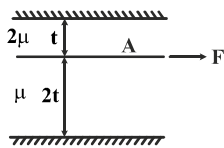
- (۱) $\frac{5}{12} \rho g h^3$
 (۲) $\frac{5}{6} \rho g h^3$
 (۳) $\frac{2\pi}{3} \rho g h^3$
 (۴) صفر

۷۳- با توجه به شکل مقابل، مساحت ناحیه‌ای که خیس نمی‌شود، کدام است؟



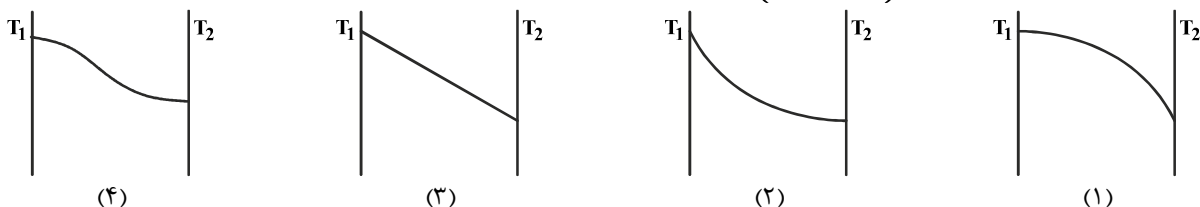
- (۱) $\frac{R^2}{2H}(H-h) - \frac{gH}{\omega^2}$
 (۲) $\frac{\pi R^2}{4H}(H-h) - \frac{\pi gH}{\omega^2}$
 (۳) $\frac{\pi R^2}{2H}(H-h) - \frac{\pi gH}{\omega^2}$
 (۴) $\frac{R^2}{4H}(H-h) - \frac{gH}{\omega^2}$

۷۴- صفحه‌ای به مساحت A با نیروی F بین دو سیال μ و 2μ مطابق شکل کشیده می‌شود. سرعت صفحه کدام است؟



- (۱) $\frac{2tF}{3\mu A}$
 (۲) $\frac{tF}{3\mu A}$
 (۳) $\frac{2tF}{5\mu A}$
 (۴) $\frac{tF}{5\mu A}$

۷۵- برای دیواره‌ای با $k_T = k_0 + aT$ ($k_0, a = \text{cte}$) دما چگونه تغییر می‌کند؟ $T_1 > T_2$ و $a > 0$

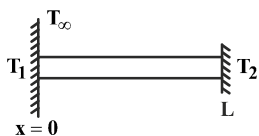


۷۶- منحنی تغییرات دمای یک دیواره به صورت زیر است. مختصات نقاطی که دما با زمان تغییر می‌کند به چه صورت است؟

$$T(x, y, t) = x^2 + 2y^2 + yx + 2t + 12$$

- (۱) دایره با مرکز $(0, 0)$
 (۲) بیضی با مرکز $(0, 0)$
 (۳) یک منحنی درجه ۲ با تقعر به سمت بالا
 (۴) چنین منحنی‌ای وجود ندارد.

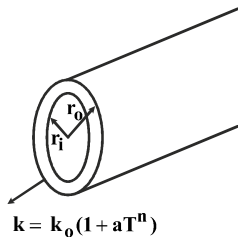
۷۷- میله‌ای به طول L بین دو دیواره با دماهای T_1 و T_2 محدود است. تغییرات دمای میله کدام گزینه می‌باشد؟



- (۱) $\theta = \frac{(T_1 - T_\infty) \sinh n(L-x)}{2 \sinh nL} + \frac{(T_2 - T_\infty) \sinh nx}{2 \sinh nL}$
 (۲) $\theta = \frac{T_1 \sinh n(L-x)}{2 \sinh nL} + \frac{T_2 \sinh nx}{2 \sinh nL}$
 (۳) $\theta = \frac{(T_1 - T_\infty) \sinh n(L-x)}{\sinh nL} + \frac{(T_2 - T_\infty) \sinh nx}{\sinh nL}$
 (۴) $\theta = \frac{T_1 \sinh n(L-x)}{\sinh nL} + \frac{T_2 \sinh nx}{\sinh nL}$

۷۸- مقاومت R برای استوانه زیر برابر با کدام گزینه است؟

$$\frac{\text{Ln} \frac{r_o}{r_i}}{2k\pi} \quad (۱)$$



$$\frac{\text{Ln}(\frac{r_o}{r_i})}{k_o \frac{a}{n+1} (T_o^{n+1} - T_i^{n+1})} \quad (۲)$$

$$\frac{(T_o - T_i) \text{Ln}(\frac{r_o}{r_i})}{2k_o \left[(T_o - T_i) + \frac{a}{n+1} (T_o^{n+1} - T_i^{n+1}) \right]} \quad (۴)$$

$$\frac{(T_o - T_i) \text{Ln}(\frac{r_o}{r_i})}{k_o \left[(T_o - T_i) + \frac{a}{n+1} (T_o^{n+1} - T_i^{n+1}) \right]} \quad (۳)$$

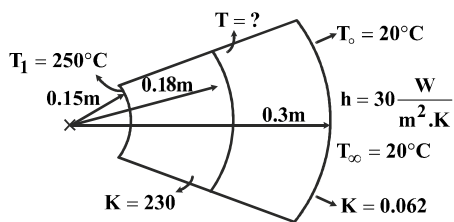
۷۹- در دیواره کروی زیر دمای دیواره وسط بر حسب کلون چه قدر است؟

$$۵۲۲/۹ \quad (۱)$$

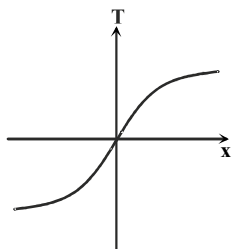
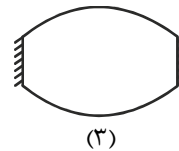
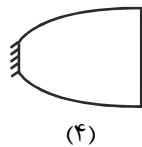
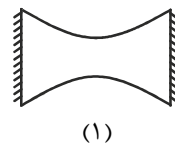
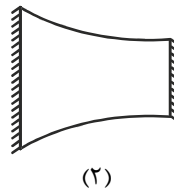
$$۲۴۹/۹ \quad (۲)$$

$$۳۱۳/۹ \quad (۳)$$

$$۴۰۰/۹ \quad (۴)$$



۸۰- پروفیل دمای داده شده مربوط به کدام دیواره است؟ (k = cte)



- ۸۱- اوکتان C_8H_{18} را با ۲۰۰٪ هوای نظری می‌سوزانیم، فشار جزیی آب چقدر خواهد بود اگر فشار ۱MPa / باشد؟
(۱) ۲/۲kPa (۲) ۵/۲kPa (۳) ۷/۲kPa (۴) ۹/۲kPa
- ۸۲- در احتراق اتن (C_2H_4) با ۷۰ درصد هوای تئوری نسبت هوا به سوخت (مولی) برابر با کدام گزینه است؟
(۱) ۳/۶ (۲) ۶/۶ (۳) ۱۲/۶ (۴) ۱۸/۶
- ۸۳- ترکیبات پایدار دارای آنتالپی تشکیل و ترکیبات ناپایدار دارای آنتالپی تشکیل می‌باشند.
(۱) منفی - منفی (۲) مثبت - منفی (۳) مثبت - مثبت (۴) منفی - مثبت

۸۶- اگر آنتالپی CO_2 $\bar{h}_{f, \text{CO}_2}^\circ = -393522 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol CO}_2}$ باشد، ارزش حرارتی کربن برحسب $(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}})$ کدام مورد می باشد؟

- (۱) $-7/3$ (۲) $+32/7$ (۳) $-32/7$ (۴) $+7/3$

۸۵- کدامیک از تعاریف زیر مربوط به سیستم در حال تعادل می باشد؟

- (۱) یک سیستم منزوی که نسبت به محیط اطرافش امکان انجام هیچ کاری را نداشته باشد.
(۲) یک سیستم که مقدار کار دریافتی و کار انجام داده آن برابر باشد.
(۳) یک سیستم که اختلاف دمای زیر سیستم های آن ثابت باشد.
(۴) یک سیستم که تغییرات فشار آن صفر باشد.

۸۶- کدامیک از گزینه های زیر تعریف ارزش گرمایی حد بالا می باشد؟

- (۱) گرمایی که به صورت بی دررو رخ می دهد و در آن کاری انجام نمی گیرد.
(۲) گرمایی که با فرض وجود آب به صورت بخار در محصولات از واکنش گرفته می شود.
(۳) گرمایی که با فرض وجود آب به صورت مایع در محصولات از واکنش گرفته می شود.
(۴) مقدار گرمای انتقال یافته از محفظه طی احتراق یا واکنش در دمای ثابت می باشد.

۸۷- اگر توزیع سرعت یک جسم در لایه مرزی به صورت $u = ye^{+y^2} U$ باشد ضخامت جابجایی (δ^*) چقدر خواهد بود؟

- (۱) $\frac{1}{2}$ (۲) $\frac{1}{4}$ (۳) $\frac{1}{6}$ (۴) $\frac{1}{8}$

۸۸- کدامیک از گزینه های زیر اشتباه است؟

- (۱) جریان مادون صوت $dP < 0$ $dV > 0$
(۲) جریان مافوق صوت
(۳) جریان مافوق صوت
(۴) جریان مادون صوت $dP < 0$ $dV > 0$

۸۹- کدامیک از جملات زیر صحیح می باشد؟

- (۱) وجود گرادیان فشار معکوس شرط لازم و کافی برای جدایی است.
(۲) جدایی بدون گرادیان فشار معکوس نیز می تواند رخ دهد.
(۳) وجود گرادیان فشار معکوس شرط لازم و نه کافی برای جدایی است.
(۴) در گرادیان فشار منفی انحنا ی پروفیل سرعت یعنی $\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$ گاهی منفی است.

۹۰- یک پمپ با راندمان ۶۰٪ به وسیله یک خط لوله با طول کل ۲۰ متر آب با دبی ۲۰۰ لیتر بر ثانیه را پمپ می کند. اگر $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

و $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ باشد انرژی مورد نیاز پمپ چند کیلو وات است؟

- (۱) ۰/۶۶ (۲) ۶/۶ (۳) ۶۶/۶۶ (۴) ۶۶۶/۶۶

۹۱- یک بالن بزرگ حاوی هوا با فشار ۵ atm است. اگر هوای اطراف بالن دارای فشار ۱ atm باشد و بالن سوراخ شود، آنگاه سرعت هوای خروجی از بالن چقدر است؟ (فشار بالن ثابت)

- (۱) زیر سرعت صوت
(۲) چهار برابر سرعت صوت
(۳) برابر سرعت صوت
(۴) بستگی به دمای هوای داخل بالن و هوای بیرون دارد.

۹۲- کدامیک از گزینه های زیر در مورد موج ضربه ای قایم صحیح است؟

- (۱) دمای سکون در طی موج ضربه ای قایم ثابت و فشار سکون کاهش می یابد.
(۲) دمای سکون در طی موج ضربه ای قایم کاهش و فشار سکون افزایش می یابد.
(۳) دمای سکون در طی موج ضربه ای قایم افزایش و فشار سکون ثابت می باشد.
(۴) دمای سکون در طی موج ضربه ای قایم کاهش و فشار سکون ثابت می باشد.

۹۳- پروفیل سرعت لایه مرزی روی صفحه تخت با رابطه $U = U_{\infty}(1 - \exp(+\frac{1}{4} \frac{U_{\infty}}{V_x} y))$ داده شده است. ضخامت لایه مرزی (δ) چقدر است؟

$$(1) -8 \frac{V_x}{U_{\infty}} \ln 10 \quad (2) -4 \frac{V_x}{U_{\infty}} \ln 10 \quad (3) +8 \frac{V_x}{U_{\infty}} \ln 10 \quad (4) +4 \frac{V_x}{U_{\infty}} \ln 10$$

۹۴- آهنگ انتقال گرما در کدام نوع چگالش بیشتر است و مقدار آن حدوداً چقدر است؟

- (۱) چگالش قطره‌ای - ۱۰۰ برابر چگالش فیلمی
(۲) چگالش قطره‌ای - ۱۰ برابر چگالش فیلمی
(۳) چگالش فیلمی - ۱۰ برابر چگالش قطره‌ای
(۴) چگالش فیلمی - ۱۰۰ برابر چگالش قطره‌ای

۹۵- عدد گرافش نشان‌دهنده چه نسبتی از نیروهای جریان جابجایی آزاد می‌باشد و نقش این عدد مشابه کدام عدد بدون بعد در سیستم‌های جابجایی اجباری است؟

- (۱) نسبت نیروی شناوری به لزجتی - عدد رینولدز
(۲) نسبت نیروی اینرسی به شناوری - پرانتل
(۳) نسبت نیروی شناوری به اینرسی - پرانتل
(۴) نسبت نیروی اینرسی به لزجتی - رینولدز

۹۶- در جابجایی آزاد در محفظه بسته با افزایش مقدار $(Gr \times Pr)$ به ترتیب کدام جریان‌ها ایجاد می‌شوند؟

- (۱) انتقال هدایتی - جریان لایه مرزی آرام - جریان لایه مرزی آشفته - جریان مجانبی
(۲) جریان لایه مرزی آرام - جریان لایه مرزی آشفته - جریان مجانبی - انتقال هدایتی
(۳) انتقال هدایتی - جریان لایه مرزی آرام - جریان مجانبی - جریان لایه مرزی آشفته
(۴) انتقال هدایتی - جریان مجانبی - جریان لایه مرزی آرام - جریان لایه مرزی آشفته

۹۷- در جریان داخل لوله معیار تبدیل شدن جریان از آرام به آشفته عدد رینولدز می‌باشد. این عدد از کدام رابطه زیر بدست می‌آید و مقدار آن چقدر است؟

$$(1) Re = \frac{\rho UL}{\mu} = 2300 \quad (2) Re = \frac{\rho UD}{\mu} = 5 \times 10^5 \quad (3) Re = \frac{\rho UL}{\mu} = 5 \times 10^5 \quad (4) Re = \frac{\rho UD}{\mu} = 2300$$

۹۸- لایه مرزی هیدرودینامیکی ناحیه‌ای از جریان است که در آن احساس می‌شود و در ناحیه لایه مرزی گرمایی در جریان وجود دارد.

- (۱) نیروهای بین مولکولی - گرادیان دما
(۲) نیروهای لزجتی - گرادیان دما
(۳) نیروهای بین مولکولی - نیروی لزجتی
(۴) نیروی لزجتی - نیروی بین مولکولی

۹۹- در جابجایی همزمان آزاد و اجباری معیار کلی غالب بودن آثار جابجایی آزاد به کدامیک از صورت‌های زیر است؟

$$(1) \frac{Re}{Gr} > 10 \quad (2) \frac{Gr}{Re^2} > 10 \quad (3) \frac{Re}{Gr} > 10 \quad (4) \frac{Gr}{Re} > 10$$

۱۰۰- با افزایش اختلاف دمای سطح داغ و مایع مراحل جوشش به چه صورت خواهد بود؟

- (۱) تبخیر در میان سطح - جوشش فیلمی پایا - جوشش فیلمی ناپایا - جوشش هسته‌ای
(۲) جوشش فیلمی پایا - تبخیر در میان سطح - جوشش فیلمی ناپایا - جوشش هسته‌ای
(۳) جوشش فیلمی ناپایا - جوشش فیلمی پایا - تبخیر در میان سطح - جوشش هسته‌ای
(۴) تبخیر در میان سطح - جوشش هسته‌ای - جوشش فیلمی ناپایا - جوشش فیلمی پایا

۱۰۱- اگر هوا را در یک فرآیند همفشار از دمای 27°C تا دمای 127°C تغییر دهیم، تغییر آنتروپی برحسب $\frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$ چقدر است؟

$$C_v = 0.72, R = 0.28$$

$$\ln(1/33) = 0.28, \ln(4/7) = 1.55$$

$$0.28 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}} \quad (1) \quad 0.20 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}} \quad (2)$$

$$1.55 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}} \quad (3) \quad (4) \text{ برای محاسبه نسبت حجم لازم است.}$$

۱۰۲- در یک فرآیند، هم دما تغییر آنتروپی گاز کامل با افزایش فشار چه خواهد شد؟

(۱) آنتروپی افزایش می‌یابد

(۲) آنتروپی کاهش می‌یابد

(۳) در این فرآیند هم‌دما، آنتروپی تغییری نمی‌کند

(۴) اطلاعات مساله کافی نیست

۱۰۳- کدام عبارت صحیح است؟

$$C_p = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_{p=\text{cte}} \quad (1) \quad C_p = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_{p=\text{cte}} \quad (2) \quad C_v = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_{v=\text{cte}} \quad (3) \quad C_v = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_{p=\text{cte}} \quad (4)$$

۱۰۴- در یک فرآیند، $C_a H_b$ با هوا به طور کامل می‌سوزد. نسبت مولی CO_2 در محصولات احتراق کدام است؟

$$\frac{a}{4.76a + 1.69b} \quad (1) \quad \frac{a}{a + b} \quad (2) \quad \frac{a}{a + \frac{b}{2}} \quad (3) \quad \frac{a}{5.76a + 1.69b} \quad (4)$$

۱۰۵- پمپی آب را از فشار 150 kPa به 450 kPa می‌رساند، تحول اگر آدیاباتی برگشت‌پذیر باشد و دبی آب عبوری $6 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ باشد، توان مصرفی

پمپ چقدر است؟

$$270 \text{ kW} \quad (1) \quad 900 \text{ kW} \quad (2) \quad 1800 \text{ kW} \quad (3) \quad 1/8 \text{ kW} \quad (4)$$

۱۰۶- دو قطعه مسی یکی به وزن 2 kg و دمای 500 K و دیگری با وزن 3 kg و دمای 400 K متصل می‌شوند. اگر نسبت به محیط عایق باشند تغییر آنتروپی مجموع دو قطعه چقدر است؟

$$C = 0.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}, \ln 0.88 = -0.13, \ln 1/1 = 0.09$$

$$0.084 \text{ kJ} \quad (1) \quad 0.04 \text{ kJ} \quad (2)$$

$$0.108 \text{ kJ} \quad (3) \quad (4) \text{ چون مجموعه عایق است، تغییر آنتروپی صفر می‌باشد}$$

۱۰۷- یک موتور حرارتی که در شکل نشان داده شده گرما را از منبع با درجه حرارت 1200 K و با شدت $500 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$ دریافت می‌کند و گرمای تلف شده

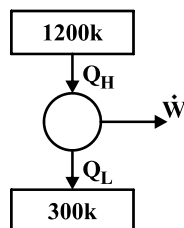
را با یک منبع با دمای 300 K انتقال می‌دهد. توان خروجی موتور حرارتی 180 kW است. شدت بازگشت ناپذیری برای فرآیند چقدر است؟

$$375 \text{ kW} \quad (1)$$

$$195 \text{ kW} \quad (2)$$

$$60 \text{ kW} \quad (3)$$

$$\text{صفر} \quad (4)$$



۱۰۸- نیروی وارده بر جسم استوانه‌ای شکلی به قطر ۵ متر و طول ۶۰ متر در تونل باد، توسط مدل به مقیاس $\frac{1}{10}$ مورد مطالعه قرار گرفته است. در

صورتیکه سرعت باد در طبیعت $10 \frac{m}{sec}$ و نیروی وارده به استوانه در طبیعت $1540 N$ باشد، مقدار سرعت و نیروی وارده در مدل فوق چقدر خواهد بود؟ (سیال در مدل و در طبیعت هوا است)

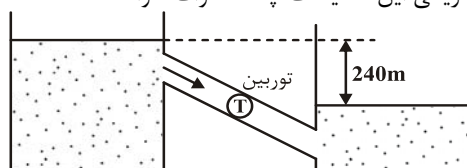
$$F_m = 154 N \quad , \quad V_m = 10 \cdot \frac{m}{s} \quad (2) \qquad F_m = 1540 N \quad , \quad V_m = 1 \frac{m}{s} \quad (1)$$

$$F_m = 1540 N \quad , \quad V_m = 10 \cdot \frac{m}{sec} \quad (4) \qquad F_m = 154 N \quad , \quad V_m = 1 \frac{m}{sec} \quad (3)$$

۱۰۹- یک توربین آبی مطابق شکل زیر در بین دو مخزن بزرگ برای تولید برق کار گذاشته شده است. اختلاف ارتفاع دو سطح آزاد آب در مخازن

بزرگ $240 m$ ، دبی ورودی به توربین $20 \frac{m^3}{s}$ ، راندمان کلی توربین 80% ، وزن مخصوص آب $10^4 \frac{N}{m^3}$ و شتاب ثقل $10 \frac{m}{s^2}$ می‌باشد. در

صورتیکه افت انرژی در مسیر جریان با رابطه $\Delta H = 0.1 Q^2$ محاسبه شود، مقدار توان الکتریکی این تأسیسات چند مگاوات خواهد شد؟



۵۰ (۱)

۳۲ (۲)

۳۸/۴ (۳)

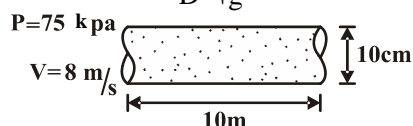
۶/۴ (۴)

۱۱۰- لوله‌های شماره (۱) و (۲) بین نقاط A و B به طور موازی کار گذاشته شده‌اند که در آن طول لوله، ضریب دارسی و ایسباخ، D

قطر لوله، V سرعت جریان و Q دبی جریان را بیان می‌کند. با صرفنظر کردن از افت انرژی موضعی، مشخص کنید که بین این دو لوله کدام یک از روابط زیر صادق است؟

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{\lambda_2 L_2 D_2^5}{\lambda_1 L_1 D_1^5}} \quad (4) \qquad \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{\lambda_2 L_2 D_1^5}{\lambda_1 L_1 D_2^5}} \quad (3) \qquad \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{\lambda_1 L_1 D_1^5}{\lambda_2 L_2 D_1^5}} \quad (2) \qquad \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{\lambda_1 L_1 D_1^5}{\lambda_2 L_2 D_2^5}} \quad (1)$$

۱۱۱- در لوله افقی زیر نیروی اصطکاک وارد بر طول لوله چند نیوتن است؟ ضریب دارسی و ایسباخ 0.02 است. $(h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g})$



۵۸۹ (۲)

۵۰۳ (۱)

هیچکدام (۴)

۵۱/۲۳ (۳)

۱۱۲- سیالی با لزجت سینماتیک $\nu = 5 \times 10^{-4} \frac{m^2}{s}$ در لوله‌ای به قطر ۳۵ سانتی‌متر با سرعت $2/5 \frac{m}{s}$ در جریان است. افت انرژی برای ۱۰۰

متر لوله مساوی چند متر از ارتفاع سیال است؟ $(\frac{64}{365\%} = 1750)$

۰/۳۳۳ (۱)

۳/۳۳ (۲)

۳۳/۳ (۳)

۳۳۳ (۴)

۱۱۳- شکل داده شده، دو لوله قرار گرفته به صورت سری را نشان می‌دهد که در آن $L_1 = L_2 = L$ و $D_1 = D_2 = D$ و $f_1 \neq f_2$ می‌باشد. در

صورتیکه از نظر هیدرولیکی معادل‌سازی کل سیستم با یک لوله به قطر D و فاکتور اصطکاک f_1 مدنظر باشد، طول لوله معادل از کدام رابطه بدست می‌آید؟



$$\frac{L f_1}{f_2} \quad (2) \qquad \frac{L f_2}{f_1} \quad (1)$$

$$\frac{L(f_1 + f_2)}{f_1} \quad (4) \qquad \frac{L(f_1 + f_2)}{f_2} \quad (3)$$

۱۱۴- جریان با توزیع سرعت $\frac{u}{U} = -2(\frac{y}{\delta}) + (\frac{y}{\delta})^2$ در طول جدار جامدی جریان دارد. سیال نسبت به جدار چه وضعی دارد؟

چسبیده به دیوار (۱)

در لحظه جدایی (۲)

دچار جدایی (۳)

سرعت متغیر (۴)

۱۱۵- یک گلوله فلزی با دمای اولیه 25°C در محیطی با دمای 400°C قرار می‌گیرد. با توجه به تحلیل ظرفیت کل (Lumped capacitance)، در کدام حالت گلوله زودتر گرم می‌شود؟

(۱) گلوله دارای مساحت بزرگتر و در عین حال حجم بزرگتری باشد.

(۲) گلوله جرم بیشتری داشته باشد.

(۳) ظرفیت گرمایی ویژه پایین‌تر و شعاع کمتری داشته باشد.

(۴) ضریب انتقال سیال مجاور کمتر باشد.

۱۱۶- اگر توزیع دما در لایه‌ی مرزی حرارتی صفحه تخت به طول $L = 0.5\text{m}$ ، $\frac{T - T_s}{T_{\infty} - T_s} = \frac{3}{2} \left(\frac{y}{\delta}\right) - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{\delta}\right)^2$ و ضخامت لایه مرزی حرارتی به

صورت $\frac{\delta}{x} = \frac{1}{\text{Pr}} \text{Re}_x^{-1/2}$ باشد، نوسلت متوسط صفحه چقدر است؟

(T_s دماس سطح و T_{∞} دمای محیط)

$$U = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \text{Pr} = 0.7, v = 25 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

(۴) $60\sqrt{0.7}$

(۳) $66/4\sqrt{0.7}$

(۲) $30\sqrt{0.7}$

(۱) $33/2\sqrt{0.7}$

۱۱۷- گازی با دمای 30°C روی صفحه تختی با دمای ثابت 70°C به صورت آرام حرکت می‌کند کدام عبارت صحیح است؟

(۱) شیب‌های در صفحه در جهت عمود در وسط صفحه بیشتر از ابتدای صفحه است.

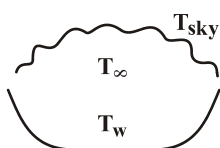
(۲) ضریب جابه‌جایی در ابتدای صفحه کمتر از انتهای صفحه است.

(۳) شیب دمایی در صفحه در جهت عمود متناسب با ضریب جابه‌جایی تغییر می‌کند.

(۴) شیب دمایی در ابتدای صفحه برابر با شیب دمایی در وسط صفحه است.

۱۱۸- در شب‌های تابستانی با هوای صاف و بدون ابر در محیط باز امکان تشکیل یخ در یک لایه نازک آب مطابق شکل امکان‌پذیر است. در صورتی که دمای آسمان 50K فرض شود و ماکزیمم درجه حرارت هوا 15°C باشد ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی آزاد از هوا به آب چقدر باشد تا یخ تشکیل شود؟

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$$



(۱) ۲۰

(۲) ۶/۳

(۳) ۲۹

(۴) ۲۱

۱۱۹- قطر معادل را در مبدل حرارتی لوله‌ای متحد که قطر لوله داخلی $1/5\text{cm}$ و قطر لوله خارجی 4cm است را محاسبه کنید. (انتقال حرارت از خارج به داخل است).

(۴) $2/75\text{cm}$

(۳) $1/25\text{cm}$

(۲) $2/5\text{cm}$

(۱) $5/5\text{cm}$

۱۲۰- سه کره به اضلاع r ، $\sqrt{2}r$ و $\sqrt{3}r$ در داخل یکدیگر قرار دارند. سطح خارجی کره بیرونی عایق شده است. اگر ضریب صدور کره داخلی و بیرونی 0.5 و ضریب صدور کره میانی $1/0$ باشد و دمای کره‌های داخلی و خارجی به ترتیب T_1 و $T_3 = 2T_1$ باشد، حرارت مبادله شده بین کره‌های داخلی و خارجی برابر کدام مقدار است؟

(۴) $\frac{90}{17} \sigma r^2 T_1^4$

(۳) $\frac{90}{11} \sigma r^2 T_1^4$

(۲) $\frac{360}{17} \sigma r^2 T_1^4$

(۱) $\frac{360}{11} \sigma r^2 T_1^4$

۱۲۱- اصطلاح «فشار مؤثر متوسط» (mep) به چه معناست؟

- (۱) بیان فشاری است که حداکثر کار در موتور را می‌تواند انجام دهد.
 (۲) بیان فشاری است که اگر در خلال مرحله تولید قدرت بر روی پیستون اعمال شود و همان اندازه کار انجام می‌دهد که در موتورهای واقعی روی پیستون انجام می‌گیرد.
 (۳) بیان فشاری است که متوسط مقدار کار انجام شده بر روی موتور ایده‌آل را نشان می‌دهد.
 (۴) بیان فشاری است که مقدار کار متوسط انجام شده بر روی موتور واقعی را نشان می‌دهد.

۱۲۲- یک نازل واگرا را در نظر بگیرید که سیال در خروج به محیط تخلیه می‌گردد. سرعت سیال در ورودی کمتر از سرعت صوت است. اگر سرعت سیال در ورودی به سرعت صوت برسد، سرعت جریان خروجی چگونه خواهد شد؟

- (۱) کمتر از سرعت صوت (۲) برابر سرعت صوت (۳) بیشتر از سرعت صوت (۴) نمی‌توان اظهار نظر کرد.

۱۲۳- یک کمپرسور دو طبقه هوا را از ۲۰۰ kPa تا فشار ۸۰۰ kPa متراکم می‌کند. اگر فرآیند آدیاباتیک و برگشت پذیر باشد، برای دادن حداقل توان به کمپرسور فشار میان چقدر باید باشد؟

- (۱) ۳۰۰ kPa (۲) ۴۰۰ kPa (۳) ۵۰۰ kPa (۴) ۶۰۰ kPa

۱۲۴- یک کمپرسور در محیطی با درجه حرارت ۴۰۰ K و فشار ۱ kPa قرار دارد، هوا به درون کمپرسور وارد می‌شود. سرعت هوا قبل از ورود به

کمپرسور $200 \frac{m}{s}$ است. اگر $C_p = 1 \frac{kJ}{kg K}$ فرض شود درجه حرارت جریان هوای ورودی چند کلوین است؟

- (۱) ۳۰۰ K (۲) ۲۹۷ K (۳) ۳۸۰ K (۴) ۴۰۰ K

۱۲۵- یک موتور دیزل هنگامی که ۱۰۰ kW قدرت تولید کند مقدار $10 \frac{gr}{s}$ سوخت با ارزش حرارتی $30000 \frac{kJ}{kg}$ مصرف می‌کند. بازده حرارتی خالص این

موتور چند درصد است؟

- (۱) ۷۵/۷ (۲) ۲۵/۳ (۳) ۶۷/۷ (۴) ۳۳/۳

۱۲۶- کدامیک از موارد زیر در مورد تفاوت چرخه برایتون و چرخه رانکین صحیح است؟

- (۱) اگر شاره عامل تغییر فاز دهد چرخه برایتون و اگر همواره به صورت گاز باقی بماند چرخه رانکین گویند.
 (۲) در چرخه رانکین دو فرآیند دما ثابت داریم ولی در چرخه برایتون دو فرآیند آنتروپی ثابت وجود دارد.
 (۳) چرخه ایده‌آل و ساده توربین گازی چرخه برایتون است.
 (۴) چرخه رانکین شامل دو فرآیند فشار ثابت و دو فرآیند دما ثابت است.

۱۲۷- بخار با شرایط $h_i = 3051 \frac{kJ}{kg}$ و $V_i = 50 \frac{m}{s}$ وارد یک توربین شده و با $h_e = 2655 \frac{kJ}{kg}$ از آن خارج می‌شود. مقدار کار انجام شده

توسط یک کیلوگرم بخار در حین عبور از توربین، اگر سرعت بخار خروجی $200 \frac{m}{s}$ باشد، چقدر است

- (۱) $750 \frac{kJ}{kg}$ (۲) $420 \frac{kJ}{kg}$ (۳) $377/5 \frac{kJ}{kg}$ (۴) $637 \frac{kJ}{kg}$

۱۲۸- مؤلفه x سرعت جریانی در صفحه xy به صورت $u = 4x^2 + 3y$ می‌باشد. اگر جریان پایا و تراکم‌ناپذیر باشد، مؤلفه y سرعت، کدام گزینه می‌باشد؟

- (۱) $8xy + e^x$ (۲) $-8xy + e^x$ (۳) $-8xy + e^y$ (۴) $8xy$

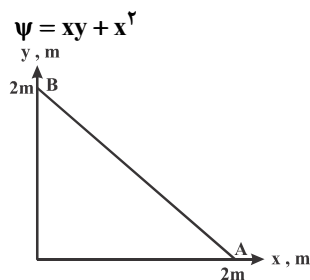
۱۲۹- میدان جریان سیال به صورت زیر می‌باشد:

$$\begin{cases} u = x^2 y \\ v = xy^2 - \frac{1}{3} x^3 \end{cases}$$

برای این میدان و با فرض سیال نیوتنی، کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) $\tau_{xy} = \mu y^2$ (۲) $\tau_{xy} = \mu(x^2 + y^2)$ (۳) $\tau_{xy} = \mu(x^2 - y^2)$ (۴) $\tau_{xy} = \mu x^2$

۱۳۰- تابع جریان برای جریان سیال تراکم‌ناپذیر به صورت زیر می‌باشد: سرعت متوسط روی خط $A-B$ چقدر است؟



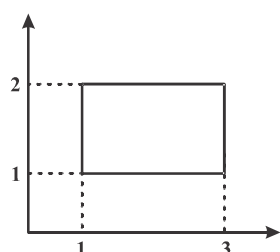
- (۱) $2\sqrt{2}$
 (۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$
 (۳) $\sqrt{2}$
 (۴) ۲

۱۳۱- برای جریان پتانسیل غیر قابل تراکم، کدام یک از عبارات زیر صحیح است؟ (جریان غیر چرخشی است).

ϕ : تابع پتانسیل ψ : تابع جریان

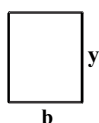
- (۱) $\nabla^2 \psi \neq 0, \nabla^2 \phi \neq 0$ (۲) $\nabla^2 \psi \neq 0, \nabla^2 \phi = 0$ (۳) $\nabla^2 \psi = 0, \nabla^2 \phi \neq 0$ (۴) $\nabla^2 \psi = 0, \nabla^2 \phi = 0$

۱۳۲- برای میدان سرعت دوبعدی $v = Bx$ و $u = -By$ سیر کولاسیون Γ بر روی یک مستطیل با گوشه‌های $(1,1), (3,1), (3,2), (1,2)$ برابر با چه عددی است؟



- (۱) $8B$
 (۲) $4B$
 (۳) $-4B$
 (۴) صفر

۱۳۳- مقطع مستطیلی زیر را در نظر بگیرید. برای بهترین مقطع هیدرولیکی رابطه بین y و b ، کدام گزینه است؟

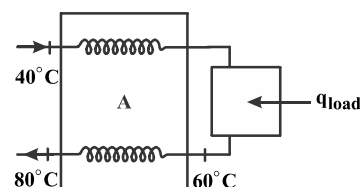


- (۱) $y = b$
 (۲) $y = 2b$
 (۳) $y = \frac{b}{2}$
 (۴) $y = 4b$

۱۳۴- در کانال روباز (جریان با سطح آزاد) به ازای هر دبی معین q نقطه‌ای با حداقل انرژی وجود دارد. عمق مربوط به چنین نقطه‌ای با y_{cr} نشان داده می‌شود. کدامیک از روابط زیر بیانگر عمق بحرانی می‌باشد؟

- (۱) $y_{cr} = \left(\frac{q}{g}\right)^{\frac{1}{3}}$ (۲) $y_{cr} = \left(\frac{q}{2g}\right)^{\frac{1}{3}}$ (۳) $y_{cr} = \left(\frac{q}{g}\right)^{\frac{1}{3}}$ (۴) $y_{cr} = \left(\frac{q}{2g}\right)^{\frac{1}{3}}$

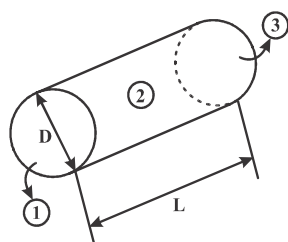
۱۳۵- در صورتی که در مبدل حرارتی نشان داده شده در شکل زیر $\dot{m}C = 2000 \frac{W}{K}$ و ضریب کلی انتقال حرارت $U = 100 \frac{W}{m^2 K}$ باشد، سطح انتقال



حرارت در مبدل A برحسب m^2 چقدر است؟

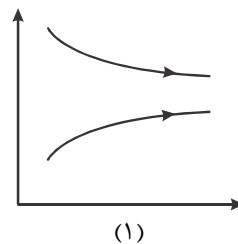
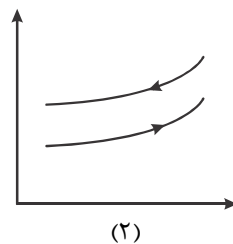
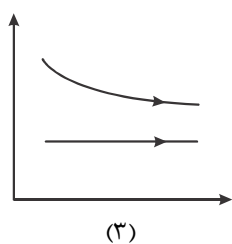
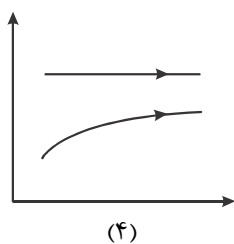
- (۱) ۱۰
 (۲) ۲۰
 (۳) ۴۰
 (۴) ۶۰

۱۳۶- اگر در شکل زیر $F_{33} = 0/2$ باشد مقدار F_{21} برابر با کدامیک از مقادیر زیر است؟ ($L = 2D$)

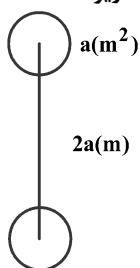


- (۱) ۰/۸
 (۲) ۰/۲
 (۳) ۰/۱
 (۴) ۰/۹

۱۳۷- مبدل حرارتی که از دو لوله هم‌مرکز تشکیل شده است را در نظر بگیرید. اگر در لوله داخلی جوشش رخ دهد ولی در لوله خارجی تغییر فازی نداشته باشیم، کدام گزینه تغییرات دما را بر حسب x به درستی نشان می‌دهد؟



۱۳۸- دو آلمان با سطح a متر مربع به فاصله $2a$ متر از هم قرار گرفته‌اند. ضریب شکل تشعشعی این دو آلمان نسبت به هم کدامیک از اعداد زیر است؟



(۱) πa

(۲) $\frac{1}{\pi a}$

(۳) $4\pi a$

(۴) $\frac{1}{4\pi a}$

۱۳۹- در مبدل حرارتی پوسته و لوله‌ای اگر تعداد لوله‌ها را نصف کنیم ولی سطح تبادل حرارت کل ثابت بماند، مقدار انتقال در مبدل چگونه خواهد بود؟

(۱) سرعت جریان در هر لوله دو برابر می‌شود و انتقال حرارت ثابت می‌ماند.

(۲) سرعت جریان در هر لوله دو برابر می‌شود و انتقال حرارت افزایش می‌یابد.

(۳) سرعت جریان در هر لوله دو برابر می‌شود و انتقال حرارت کاهش می‌یابد.

(۴) سرعت جریان در هر لوله نصف می‌شود و انتقال حرارت کاهش می‌یابد.

۱۴۰- طول موج حداکثر توان گسیل جسمی به دمای 1000°C چند μm است؟

(۴) $289/7$

(۳) $17/7$

(۲) $28/97$

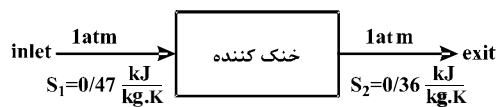
(۱) $7/76$

۱۴۱- سیستمی از شرایط اولیه تعادلی به شرایط ثانویه مشابه تعادلی توسط دو فرایند مختلف می‌رسد و آنتروپی آن افزایش می‌یابد ($S_2 > S_1$).

فرآیند (I) برگشت‌پذیر و فرآیند (II) برگشت‌ناپذیر است کدام یک از روابط زیر صادق است؟ (دما در طول فرآیند ثابت می‌ماند)

$$\begin{array}{llll} \Delta S_I = \Delta S_{II} & \Delta S_I > \Delta S_{II} & \Delta S_I > \Delta S_{II} & \Delta S_I = \Delta S_{II} \\ Q_I > Q_{II} & Q_{II} > Q_I & Q_I > Q_{II} & Q_I = Q_{II} \end{array} \quad \begin{array}{l} (1) \\ (2) \\ (3) \\ (4) \end{array}$$

۱۴۲- مطابق شکل آب مایع $C_p = 4/186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$ با دمای $33/6^\circ\text{C}$ وارد یک خنک‌کننده می‌شود و با دمای محیط $T_o = 25^\circ\text{C}$ از آن خارج می‌گردد. کار هدر رفته W_{lost} بر واحد جرم چقدر خواهد بود؟



$$\begin{array}{ll} -33 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} & (1) \\ 28/9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} & (2) \\ 2/98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} & (3) \\ -98/24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} & (4) \end{array}$$

۱۴۳- فشار یک گاز ایده‌آل در یک سیستم طبق رابطه $PV^{1/2} = \text{cte}$ از یک حالت به حالت دیگر افزایش می‌یابد. در صورتی که نسبت گرماهای ویژه $\gamma = 1/275$ ، در طی این فرآیند:

- (۱) آنتروپی سیستم افزایش می‌یابد.
- (۲) آنتروپی سیستم کاهش می‌یابد.
- (۳) آنتروپی سیستم تغییر نمی‌کند.
- (۴) با اطلاعات موجود نمی‌توان پاسخ گفت.

۱۴۴- کدام یک از عبارات زیر برای آب صحیح می‌باشد؟

- (۱) آنتروپی مایع متراکم همواره کم‌تر از آنتروپی مایع اشباع می‌باشد.
- (۲) در 0°C آنتروپی مایع متراکم کم‌تر و در بقیه دماها بیشتر از آنتروپی مایع اشباع می‌باشد.
- (۳) در 0°C آنتروپی مایع متراکم بیشتر و در بقیه دماها کمتر از آنتروپی مایع اشباع می‌باشد.
- (۴) آنتروپی مایع متراکم همواره بیشتر از آنتروپی مایع اشباع می‌باشد.

۱۴۵- فشار یک قطعه مس به جرم 2 kg در فرآیند برگشت‌پذیری در دمای ثابت 15°C از 1 MPa به 100 MPa افزایش یافته است تغییر آنتروپی در این فرآیند برابر است با:

$$\alpha_p = 5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1} \text{ انبساط پذیری حجمی مس}$$

$$v = 0.000114 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \text{ حجم مخصوص مس}$$

$$\begin{array}{llll} -0.057 \frac{\text{J}}{\text{K}} & (1) & -1/14 \frac{\text{J}}{\text{K}} & (2) \\ +0.057 \frac{\text{J}}{\text{K}} & (3) & +1/14 \frac{\text{J}}{\text{K}} & (4) \end{array}$$

۱۴۶- آنالیز نهایی نوعی زغال سنگ بر مبنای خشک به صورت زیر است (درصدها بر مبنای جرمی اند) می‌خواهیم زغال سنگ را با 30% هوای مازاد بسوزانیم میزان اکسیژن مورد نیاز بر مبنای مولی به ازای 100 کیلوگرم سوخت برابر است با:

جرم	درصد جرمی
گوگرد	۰/۶
هیدروژن	۵/۷
کربن	۷۹/۲
اکسیژن	۱۰/۰
نیتروژن	۱/۵
خاکستر	۳/۰

$$M_S = 32$$

$$M_{H_2} = 1$$

$$M_C = 12$$

$$M_{O_2} = 32$$

$$M_{N_2} = 28$$

۱۴۶

۹ (۴)

۸ (۳)

۱۲ (۲)

۱۰ (۱)

۱۴۷- متغیرهای مناسب برای جریان در لوله‌های صاف D, Q, ρ, μ, g می‌باشد که در آن Q دبی حجمی، D قطر، L طول لوله، Δh ارتفاع، ρ چگالی، μ لزجت و g شتاب ثقل است. کدام گزینه به صورت پارامترهای بی‌بعد صحیح می‌باشد؟

$$f\left[\frac{\Delta h}{L}, \frac{\mu L}{\rho Q}, \frac{Q^2 \rho^5 g}{\mu^5}\right] = 0 \quad (2) \quad f\left[\frac{\Delta h}{L}, \frac{\mu D \rho}{Q}, \frac{Q^2 \rho^5 g}{\mu^5}\right] = 0 \quad (1)$$

$$f\left[\frac{\Delta h}{L}, \frac{\mu D}{\rho Q}, \frac{\mu^5}{Q^2 \rho^5 g}\right] = 0 \quad (4) \quad f\left[\frac{\Delta h}{L}, \frac{\mu D}{\rho Q}, \frac{Q^2 \rho^5 g}{\mu^5}\right] = 0 \quad (3)$$

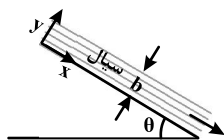
۱۴۸- دراک موجی وارد به مدل یک کشتی در سرعت $3 \frac{m}{s}$ برابر $16 N$ است. ابعاد نمونه اصلی 16 برابر ابعاد مدل است. سرعت نمونه اصلی و دراک موجی وارد بر آن به ترتیب برابرند با: (خواص سیال در دو حالت یکسان است)

$$(1) \quad 48 \frac{m}{s} \text{ و } 1048576 N \quad (2) \quad 48 \frac{m}{s} \text{ و } 65536 N \quad (3) \quad 12 \frac{m}{s} \text{ و } 4096 N \quad (4) \quad 12 \frac{m}{s} \text{ و } 65536 N$$

۱۴۹- ضریب تصحیح انرژی جنبشی و مومنوم برای جریان آرام بین صفحات موازی یکسان با عرض واحد و پروفیل سرعت $u = \frac{-1}{2\mu} \frac{dp}{dx} (ay - y^2)$ به ترتیب برابر کدام گزینه می‌باشد؟ a : فاصله صفحات موازی

$$(1) \quad \alpha = 1/2 \text{ و } \beta = 1/543 \quad (2) \quad \alpha = 1/2 \text{ و } \beta = 1 \quad (3) \quad \alpha = 1/543 \text{ و } \beta = 1/2 \quad (4) \quad \alpha = 1 \text{ و } \beta = 1/2$$

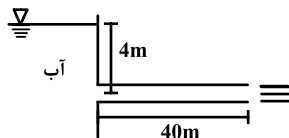
۱۵۰- در شکل مقابل لایه نازکی از مایع بر روی سطح شیب‌دار به طرف پایین جریان دارد. جریان یکنواخت است. از تغییرات فشار صرف نظر کنید. کدام گزینه معرف توزیع سرعت سیال می‌باشد؟



$$u = \frac{\gamma}{\mu} (by - \frac{y^2}{2}) \cos \theta \quad (2) \quad u = \frac{\gamma}{\mu} (by - \frac{y^2}{2}) \sin \theta \quad (1)$$

$$u = \frac{\mu}{\gamma} (by - \frac{y^2}{2}) \cos \theta \quad (4) \quad u = \frac{\mu}{\gamma} (by - \frac{y^2}{2}) \sin \theta \quad (3)$$

۱۵۱- لوله افقی نازکی با قطر $D = 2mm$ و طول $L = 4m$ مطابق شکل به یک مخزن متصل شده است. اگر در مدت $10s$ ، $3 \times 10^{-5} m^3$ خروجی داشته باشیم لزجت آب را محاسبه کنید. (از سرعت در خروجی لوله طرف نظر شود)



$$\gamma_{\text{آب}} = 10000 \frac{w}{m^2 s^2} \quad \pi = 3$$

$$(1) \quad 4 \times 10^{-3} \frac{N.s}{m^2} \quad (2) \quad 1 \times 10^{-3} \frac{N.s}{m^2} \quad (3) \quad 1/25 \times 10^{-5} \frac{N.s}{m^2} \quad (4) \quad 3/125 \times 10^{-5} \frac{N.s}{m^2}$$

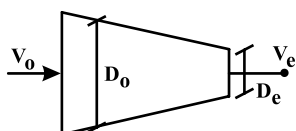
۱۵۲- توان لازم برای پمپاژ کردن $150 \frac{L}{s}$ مایع با وزن مخصوص $8600 \frac{N}{m^3}$ و لزجت سینماتیک $2/5 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ در لوله‌ای به قطر $5mm$ بر حسب وات بر کیلومتر طول لوله چقدر است؟ ضریب اصطکاک از رابطه مقابل حساب می‌شود:

$$F = \frac{2}{(Re)^4}$$

$$\pi = 3, \quad g = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$(1) \quad 2064 kw \quad (2) \quad 8256 kw \quad (3) \quad 8/256 kw \quad (4) \quad 2/064 kw$$

۱۵۳- هوا در شرایط پایدار درون نازل شکل مقابل در جریان است و سرعت ورودی جریان $51 \frac{m}{s}$ و سرعت صوت $340 \frac{m}{s}$ است. حداقل نسبت قطر خروجی به ورودی چه مقدار باید باشد تا بتوان از اثرات تراکم‌پذیری صرف نظر کرد.



$$\frac{1}{\sqrt{2}} \quad (2) \quad \frac{1}{2} \quad (1)$$

$$(4) \quad \text{نمی‌توان از اثرات تراکم‌پذیری صرف نظر کرد.} \quad (3) \quad \frac{1}{\sqrt{3}}$$

۱۵۴- مکعبی به ضلع L ، دمای اولیه T_i در محیط T_∞ و h قرار گرفته است. ۲ وجه مکعب را عایق می‌کنیم. ثابت زمانی آن چند برابر می‌شود؟

- (۱) ۳ برابر (۲) $\frac{2}{3}$ برابر (۳) $\frac{1}{3}$ برابر (۴) تغییر نمی‌کند.

۱۵۵- در جریان درهم داخل لوله که دمای سطح آن ثابت است، اگر قطر لوله دو برابر شود و خواص دیگر ثابت بماند، عدد NU چه تغییری می‌کند.

- (۱) ۲ برابر می‌شود. (۲) $\frac{1}{2}$ برابر می‌شود. (۳) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ برابر می‌شود. (۴) تغییری نمی‌کند.

۱۵۶- تغییرات درجه حرارت در لایه مرزی روی یک صفحه گرم به صورت معادله زیر تقریب زده شده است. که x در امتداد صفحه، y عمود بر صفحه، T_s دمای سطح و T_∞ و U_∞ به ترتیب دما و سرعت جریان پیش از عبور از صفحه است. اگر ضریب هدایت سیال K_s و ضریب هدایت صفحه K_s باشد، ضریب انتقال حرارت جابجایی در هر محل کدام است؟

$$\frac{T - T_s}{T_\infty - T_s} = 1 - \exp\left[-Pr \frac{U_\infty y x}{\nu}\right]$$

(۱) $h_x = \frac{K_a Pr U_\infty x}{\nu}$ (۲) $h_x = \frac{K_s Pr U_\infty x}{\nu}$ (۳) $h_x = \frac{K_a Pr U_\infty x}{\nu}$ (۴) $h_x = \frac{K_s Pr U_\infty x}{\nu}$

۱۵۷- برای سرد کردن یک صفحه داغ فلزی، آن را مطابق شکل در معرض آب ساکن قرار داده‌ایم، با افزایش زاویه θ تا 90° درجه:



- (۱) صفحه زودتر سرد می‌شود.
(۲) صفحه دیرتر سرد می‌شود.
(۳) تا زاویه مشخص زودتر و سپس دیرتر سرد می‌شود.
(۴) زمان سرد شدن به زاویه θ بستگی ندارد.

۱۵۸- در جوشش آب در یک ظروف فلزی، افزایش زبری سطح چه تأثیری بر نرخ انتقال حرارت دارد؟

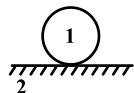
- (۱) در ناحیه جوشش فیلمی و هسته‌ای به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.
(۲) در ناحیه جوشش فیلمی و هسته‌ای به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.
(۳) در ناحیه جوشش هسته‌ای به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش و در فیلمی تغییر نمی‌کند.
(۴) در ناحیه جوشش فیلمی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش و در هسته‌ای تغییری نمی‌کند.

۱۵۹- سه مکعب به اضلاع a ، $a\sqrt{2}$ و $a\sqrt{3}$ در داخل یکدیگر قرار دارند. سطح خارجی مکعب بیرونی عایق شده است. چنانچه ضریب صدور

مکعب داخلی و بیرونی $\varepsilon = 0.5$ و ضریب صدور مکعب میانی $\varepsilon = 1$ باشد و دمای مکعب‌های داخلی و خارجی به ترتیب T_1 و $T_2 = 2T_1$ باشد، حرارت مبادله شده بین مکعب‌های داخلی و خارجی برابر کدام مقدار است؟

(۱) $\frac{54}{11} \sigma a^2 T_1^4$ (۲) $\frac{54}{17} \sigma a^2 T_1^4$ (۳) $\frac{9}{17} \sigma a^2 T_1^4$ (۴) $\frac{9}{11} \sigma a^2 T_1^4$

۱۶۰- روی صفحه بسیار بزرگی، کره کوچکی قرار داده‌ایم. اگر کره جسم ۱ و صفحه جسم ۲ باشد، ضریب شکل صفحه به کره F_{21} برابر است با:



- (۱) یک
(۲) 0.5
(۳) صفر
(۴) 2

۱۶۱- دو موتور کارنو را در نظر بگیرید که اولی بین منابع گرم و سرد به ترتیب در T_1 و T_2 کار می‌کند و دومی بین منابع گرم و سرد به ترتیب در T_2 و T_1 کار می‌کند رابطه بین راندمان های حرارتی موتور اولی (η_1) و دومی (η_2) کدام است؟

(۱) $\eta_1 + \eta_2 + \eta_1 \eta_2 = 0/2$ (۲) $\eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2 = 0/8$ (۳) $\eta_1 + \eta_2 = 1$ (۴) $\eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2 = 0/8$

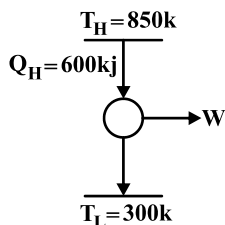
۱۶۲- احتراق سوخت C_2H_6 با ۲۰ درصد هوای اضافی به طور کامل صورت می‌گیرد نسبت مولی سوخت به هوای مصرفی چقدر است؟

(۱) ۰/۱۶ (۲) ۰/۲۴ (۳) ۰/۱۴ (۴) ۰/۰۳

۱۶۳- برای گازی، اگر ضریب ژول - تامسون $\frac{aT^2}{C_p}$ باشد که a مقداری ثابت است مقدار $(\frac{\partial h}{\partial p})_{T=cte}$ چقدر است؟

(۱) $\frac{aT^2}{C_p}$ (۲) $-\frac{aT^2}{C_p}$ (۳) aT^2 (۴) $-aT^2$

۱۶۴- با توجه به سیکل زیر برای این که سیکل بازگشت ناپذیر باشد مقدار w کدام گزینه می‌تواند باشد؟



(۱) ۶۰۰ kJ
(۲) ۴۲۰ kJ
(۳) ۳۵۰ kJ
(۴) ۳۸۸ kJ

۱۶۵- در فشرده شدن گاز ایده‌آلی از فشار P_1 تا P_2 در فرآیند همدم، تغییر آنتروپی

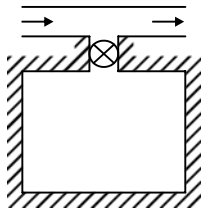
(۱) به نوع گاز کامل بستگی دارد (۲) مستقل از نوع گاز ایده‌آل است

(۳) به دمای گاز و C_v وابسته است. (۴) به دما و فشار گاز و C_p وابسته است

۱۶۶- در یک فرآیند خفگی، فشار گاز ایده‌آلی کاهش می‌یابد، تغییر آنتروپی این گاز برابر است با:

(۱) $\Delta S = -R \ln \frac{P_2}{P_1}$ (۲) $\Delta S > -R \ln \frac{P_2}{P_1}$ (۳) $\Delta S < -R \ln \frac{P_2}{P_1}$ (۴) $\Delta S = -R \ln \frac{P_1}{P_2}$

۱۶۷- هوا با دمای $T = 27^{\circ}\text{C}$ داخل لوله‌ای مطابق شکل زیر جریان دارد، پس از باز شدن شیر، محفظه‌ای که ابتدا خالی بوده است با هوا پر می‌شود. این تحول به صورت آدیاباتیک انجام می‌شود، درجه حرارت نهایی هوا در محفظه چقدر است؟ $\gamma = 1/4$



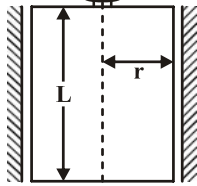
(۱) $37/8^{\circ}\text{C}$

(۲) -58°C

(۳) 147°C

(۴) 42°C

۱۶۸- در شکل زیر با ثابت نگه داشتن ضخامت فیلم روغن، شعاع استوانه نصف می‌شود. میزان گشتاور لازم برای چرخاندن سیلندر، با توجه به ثابت بودن سرعت چرخشی ω و جنس روغن، چند برابر می‌شود؟



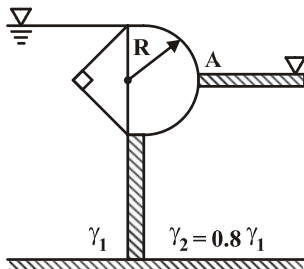
(۱) $\frac{1}{16}$

(۲) $\frac{1}{4}$

(۳) $\frac{1}{2}$

(۴) $\frac{1}{8}$

۱۶۹- دریچه‌ای که مقطع آن از یک نیم‌مربع و یک نیم‌دایره به شعاع R تشکیل شده، در سیال γ_1, γ_2 را از هم جدا کرده است. در نقطه A چه نیروی افقی به دریچه وارد می‌شود؟



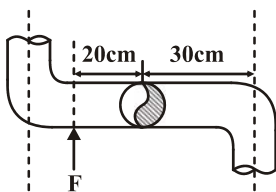
(۱) $1/6 \gamma_1 R^2$

(۲) $\frac{1}{2} \gamma_1 R^2 (1 - \pi/8)$

(۳) $2 \gamma_1 R^2 (1 - \pi/8)$

(۴) $2/4 \gamma_1 R^2$

۱۷۰- پلان یک آب پاش گردان که در آن آب از لوله قائم واقع در وسط آن وارد و از دهانه‌هایی به مساحت هر یک 10cm^2 با سرعت $50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ خارج می‌شود، در شکل نشان داده شده است. نیروی لازم F را در شکل طوری تعیین کنید که از چرخش آب پاش جلوگیری نماید. ($\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)



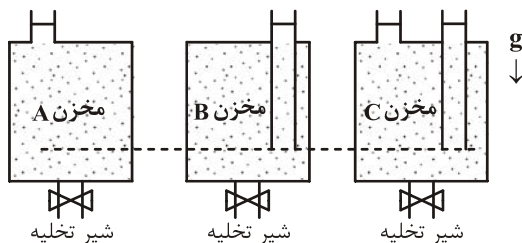
(۱) 3000N

(۲) 7500N

(۳) 3750N

(۴) 12500N

۱۷۱- حجم مخزن‌های A، B و C برابر بوده و همگی پر از آب می‌باشد. اگر این مخزن‌ها با لوله‌های نشان داده شده در شکل به محیط راه داشته باشند و شیر تخلیه آنها مشابه باشند، کدام رابطه زیر برای زمان تخلیه کامل این مخزن‌ها درست است؟ برای تخلیه مخزن، شیر تخلیه را به طور کامل باز می‌کنیم.



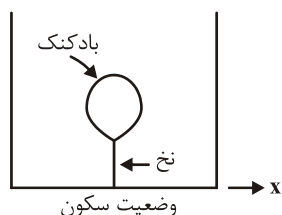
(۱) $t_A = t_B = t_C$

(۲) $t_C > t_A, t_B$

(۳) $t_B > t_A, t_C$

(۴) $t_A > t_B, t_C$

۱۷۲- بادکنکی در داخل مایعی کاملاً مستغرق می‌باشد. اگر سیستم تخت شتاب $g/5$ که در آن g شتاب جاذبه است، در جهت مثبت محور x ها قرار گیرد، نیروی کشش نخ:



- (۱) افزایش یافته و بادکنک به سمت راست حرکت می‌کند.
- (۲) افزایش یافته و بادکنک به سمت چپ حرکت می‌کند.
- (۳) کاهش یافته و بادکنک به سمت راست حرکت می‌کند.
- (۴) کاهش یافته و بادکنک به سمت چپ حرکت می‌کند.

۱۷۳- هنگام عبور سیال از روی یک سطح جامد، جدائی لایه مرزی و ایجاد جریان برگشتی (wake) چه زمانی اتفاق می‌افتد؟

$$(۱) \frac{dp}{dx} > 0$$

$$(۲) \frac{dp}{dx} = 0$$

$$(۳) \frac{dp}{dx} < 0$$

(۴) جدائی لایه مرزی و ایجاد و جریان برگشتی ارتباطی با گرادیان فشار ندارد.

۱۷۴- اگر در صفحه مسطح و رویه سیلندر، زبری مناسب ایجاد شود، اثر زبری در ضریب نیروی پسا C_D (Drag) نسبت به حالت سطوح صاف چیست؟

- (۱) در صفحه و سیلندر هر دو افزایش می‌یابد.
- (۲) در صفحه مسطح و سیلندر هر دو کاهش می‌یابد.
- (۳) در صفحه مسطح افزایش یافته و در سیلندر کاهش می‌یابد.
- (۴) در صفحه مسطح کاهش یافته و در سیلندر افزایش می‌یابد.

۱۷۵- جسم کروی به شعاع 5mm با تولید انرژی داخلی $10^3 \frac{\text{kw}}{\text{m}^3}$ دارای پوسته‌ای به شعاع 10mm است، دمای سطح خارجی در شرایطی که سیال

محیط بیرون دارای $h = 25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$ و $T_\infty = 25^\circ\text{C}$ باشد:

- (۱) $46/7^\circ\text{C}$
- (۲) 75°C
- (۳) $41/7^\circ\text{C}$
- (۴) 25°C

۱۷۶- برای یک کره با ضخامت جداره معلوم b ، اگر شعاع متوسط کره به سمت یک عدد بزرگ میل نماید، مقاومت حرارتی کره به کدام یک از مقادیر زیر میل می‌کند؟ (A سطح مقطع داخلی کره می‌باشد.)

- (۱) $\frac{b}{4KA}$
- (۲) $\frac{2b}{KA}$
- (۳) $\frac{b}{KA}$
- (۴) $\frac{b}{2KA}$

۱۷۷- گلوله فلزی داغی از ارتفاع زیاد در بالای سطح آب استخر عمیقی رها می‌شود. پس از ورود گلوله به آب

- (۱) ضریب انتقال حرارت متوسط بین گلوله و آب همواره مقدار ثابتی است.
- (۲) ضریب انتقال حرارت بین گلوله و آب ابتدا افزایش و سپس ثابت باقی می‌ماند.
- (۳) ضریب انتقال حرارت متوسط بین گلوله و آب ابتدا کاهش می‌یابد و بعد مقدار ثابتی باقی می‌ماند.
- (۴) ضریب انتقال حرارت متوسط بین گلوله و آب کاهش می‌یابد.

۱۷۸- یک ترموکوپل را در محیطی با دمای 200°C قرار می‌دهیم، برای اینکه بخواهیم زمان پاسخ کاهش یابد:

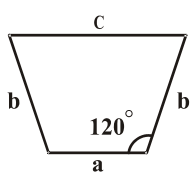
- (۱) دانسیته آن کاهش یابد و گرمای ویژه افزایش یابد.
- (۲) ضریب رسانش آن افزایش یابد و گرمای ویژه آن کاهش یابد.
- (۳) ضریب پخش حرارتی آن کاهش یافته و طول مشخصه آن کاهش یابد.
- (۴) طول مشخصه آن کاهش یافته و دانسیته آن نیز کاهش یابد.

۱۷۹- بخار آب در داخل یک لوله فلزی با جداره بسیار نازک به وسیله‌ای آبی که در حال جوشش است، کندانس می‌کند. در این حالت مقاومت

کنترل کننده بین آب و بخار و دیواره کدام می‌باشد؟

- (۱) مقاومت کنترل کننده در آب جوش است.
- (۲) مقاومت کنترل کننده در بخار در حالت کندانس است.
- (۳) مقاومت کنترل کننده دیواره فلزی است.
- (۴) هیچ کدام مقاومت کنترل کننده نیستند.

۱۸۰- تونل چهار ضلعی با عمق بی‌نهایت را در جهت عمود بر صفحه کاغذ در نظر بگیرید ضریب شکل a به c کدام یک از مقادیر زیر است؟



$$\frac{\sqrt{a^2 + b^2 + ab} - b}{a} \quad (2) \qquad \frac{\sqrt{a^2 + b^2 + 2ab} - b}{a} \quad (1)$$

$$\frac{\sqrt{a^2 + b^2 - ab} - b}{b} \quad (4) \qquad \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab} - b}{b} \quad (3)$$

۱۸۱- در سیلندری، گاز کامل با دمای 127°C و فشار 200 kPa حجم 3 m^3 وجود دارد. اگر وزنه‌ها را برداریم تا گاز طبق رابطه

$$PV^{\frac{1}{3}} = \text{cte} \quad \text{منبسط شود و این عمل تا رسیدن به درجه حرارت } 27^{\circ}\text{C} \text{ انجام شده طی این فرآیند چقدر است؟}$$

(۱) 30 kJ (۲) 15 kJ (۳) $22/5\text{ kJ}$ (۴) 45 kJ

۱۸۲- یک قطعه فلز به جرم 5 kg و با ظرفیت حرارتی 4 kJ/kg.K را از دمای 900 K تا دمای محیط 25°C سرد می‌کنند. مقدار کار تلف شده

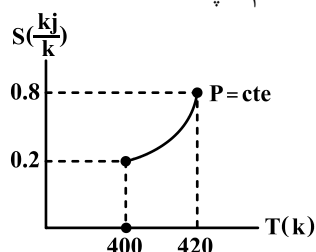
در این تحول عبارت است از: $(\ln 0/33 = -1/1)$

(۱) 655 J (۲) 548 J (۳) 1204 J (۴) 1859 J

۱۸۳- سیستمی که از یک شرایط اولیه تعادلی به شرایط ثانویه مشابه تعادلی توسط دو فرآیند مختلف برسد، که فرآیند (۱) برگشت‌پذیر و فرآیند (۲) برگشت ناپذیر باشد، کدام یک از روابط زیر صادق است؟

(۱) $\Delta S_1 = \Delta S_2$ (۲) $\Delta S_1 > \Delta S_2$ (۳) $\Delta S_1 < \Delta S_2$ (۴) $\Delta S_1 = 0$

۱۸۴- اگر نمودار روبرو آنتروپی برحسب دما در فشار ثابت برای یک گاز باشد، C_D گاز در دمای $T_1 = 400\text{ K}$ چند است؟

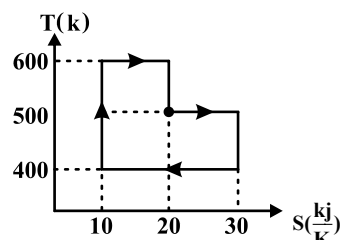


(۱) $12 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$

(۲) $24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$

(۳) $3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$

(۴) $1/2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$



۱۸۵- در سیکل برگشت پذیر زیر، کار انجام شده و گرمای گرفته شده به ترتیب چقدر هستند؟

(۱) $Q_H = 11000\text{ kJ}$, $W = 3000\text{ kJ}$

(۲) $Q_H = 8000\text{ kJ}$, $W = 3000\text{ kJ}$

(۳) $Q_H = 3000\text{ kJ}$, $W = 11000\text{ kJ}$

(۴) $Q_H = 11000\text{ kJ}$, $W = 8000\text{ kJ}$

۱۸۶- فشار گاز ایده‌آلی از ۳ به ۱ اتمسفر در یک فرآیند اختناق کاهش می‌یابد. تغییر آنتروپی گاز برابر است با:

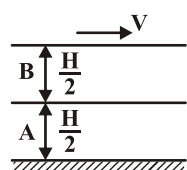
R : ثابت عمومی گازها و C_V : ظرفیت حرارتی در حجم ثابت و C_D : ظرفیت حرارتی در فشار ثابت

(۱) $C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln 3$ (۲) $C_P \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln 3$ (۳) $-R \ln 3$ (۴) $R \ln 3$

۱۸۷- یک پمپ حرارتی بین دو دمای منبع سرد (-2°C) و منبع گرم $(+27^{\circ}\text{C})$ کار می‌کند. حداکثر کارایی آن چند است؟

(۱) معلومات مساله کافی نیست (۲) $5/38$ (۳) $0/57$ (۴) $6/38$

۱۸۸- در مایع غیرقابل امتزاج A و B بین دو صفحه موازی مطابق شکل قرار گرفته‌اند. اگر صفحه فوقانی با سرعت ثابت V حرکت کند و صفحه



پایینی ثابت باشد و اگر $\mu_B > \mu_A$ باشد کدامیک از گزینه‌های زیر درست است؟

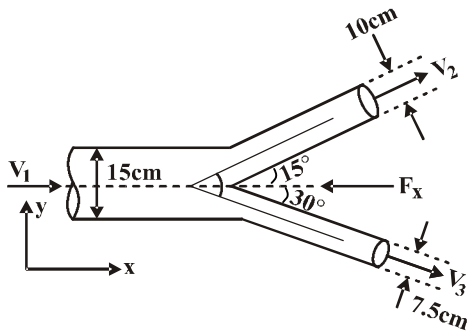
(۱) گرادیان سرعت در هر دو لایه خطی و شیب دو لایه یکسان است.

(۲) توزیع سرعت در هر دو لایه خطی و گرادیان سرعت در لایه B کوچکتر است.

(۳) توزیع سرعت در هر دو لایه خطی و گرادیان سرعت در لایه A کوچکتر است.

(۴) گرادیان در لایه‌های A و B ارتباطی به مقدار ویسکوزیته دو سیال ندارد.

۱۸۹- در شکل زیر نیروی وارد در جهت محور X ها را بر حسب نیوتن محاسبه کنید. سرعت جهت خروجی سیال به اتمسفر در هر دو لوله $12 \frac{m}{s}$.



لوله‌ها افقی و از افت در سیستم صرف‌نظر شده است؟

(۱) ۲۴۱/۸

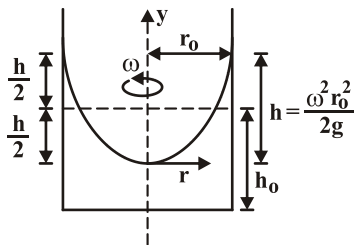
(۲) ۴۱۷/۱۷

(۳) ۲۴۱۸

(۴) ۴۱۷۱/۷

۱۹۰- یک ظرف استوانه‌ای به قطر ۱/۲ متر و به ارتفاع ۲ متر، تا نصف محتوی آب به وزن مخصوص $1000 \frac{kg}{m^3}$ است. اگر این ظرف با سرعت ۹۰

دور در دقیقه حول قائم خود حرکت دورانی انجام دهد، حداکثر فشار وارد بر کف ظرف چند کیلو پاسکال خواهد شد؟ (شتاب ثقل $g = 10 \frac{m}{s^2}$)



(۱) ۱۰

(۲) ۲

(۳) ۱۸

(۴) ۲۶

۱۹۱- دو مخزن آب از طریق شبکه لوله‌ای شامل ۲ لوله A و B با ضریب اصطکاک و طول یکسان که به طور سری قرار گرفته‌اند، به یکدیگر ارتباط دارند. اگر قطر لوله A، ۲۰ درصد بیشتر از قطر لوله B باشد، نسبت افت هد (head) در لوله A به افت هد در لوله B چقدر است؟

(۴) ۱

(۳) ۰/۴۰۲

(۲) ۱/۵۷۹

(۱) ۲/۴۹

۱۹۲- با توجه به رابطه افت انرژی به واسطه اصطکاک در لوله‌ها، کدام یک از عبارات زیر صحیح است؟ $(h_{fs} = \tau f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g_c})$

در جریان درهم اگر سرعت سیال افزایش یابد، ضریب اصطکاک و h_{fs} می‌یابد.

(۴) افزایش - کاهش

(۳) افزایش - افزایش

(۲) کاهش - کاهش

(۱) کاهش - افزایش

۱۹۳- جریان دائمی غیرقابل تراکم آب در لوله‌های با سطح مقطع ثابت شکل زیر را در نظر بگیرید. اگر ضریب اصطکاک داریسی لوله برابر 0.025 ،

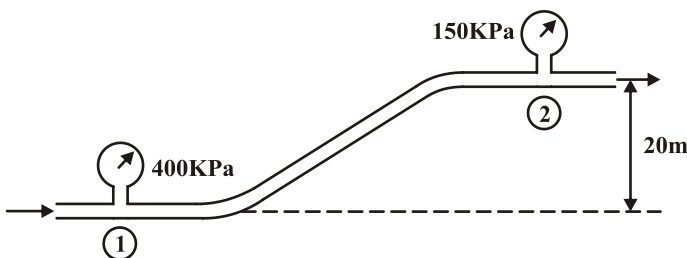
سرعت مجاز جریان ۱/۵ متر بر ثانیه و طول مسیر انتقال ۲۰۰ متر باشد، قطر لوله انتقال بر حسب میلی‌متر کدام است؟ $(\gamma = 9810 \frac{N}{m^3})$

(۱) ۱۰۴۵۵

(۲) ۱۰/۴۵۵

(۳) ۱۰۴/۵۵

(۴) ۱۰۴۵/۵



۱۹۴- هنگام عبور جریان سیال از روی یک جسم، گردابه‌هایی که بعد از نقطه جدایش ایجاد می‌شوند به علت کدام یک از عوامل است؟

(۱) انحنای شکل هندسی جسم

(۲) تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی حرارتی

(۳) زبری سطح جسم

(۴) گرادیان شدید سرعت در طول سطح جدایش

۱۹۵- تغییرات درجه حرارت یک بعدی در داخل یک دیواره و در یک لحظه زمانی به صورت $T(x) = 50 - 8x - 0.4x^2$ داده شده است. (T بر حسب درجه سانتیگراد و x بر حسب متر است). در این لحظه زمانی ضریب جابجایی سیال مجاور با دیواره ورودی ($x = 0$) در شرایطی که دمای سیال 27°C باشد، چقدر است؟ (ضریب هدایت حرارت دیواره $10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$)

(۱) اطلاعات داده شده کافی نمی باشد.

(۲) $4/3$

(۳) $2/8$

(۴) $3/5$

۱۹۶- روی کره ای که قطر خارجی آن 10cm است، عایقی با شعاع بحرانی و $k = 0.2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$ قرار داده ایم. در صورتی که درجه حرارت سطح خارجی

کره 300°C و هوای محیط 25°C باشد و ضریب کنوکسیون هوا $h = 4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$ باشد. نسبت q با عایق به q بدون عایق کدام است؟

(۱) 4 (۲) $\frac{3}{4}$ (۳) $\frac{1}{4}$ (۴) $\frac{4}{3}$

۱۹۷- سیالی از روی صفحه ای که با شار ثابت حرارت داده شده است و به طور آرام در جریان است. گرادیان دما بر روی صفحه در جهت عمود بر صفحه:

(۱) ثابت است.

(۲) به تدریج افزایش می یابد.

(۳) به تدریج کاهش می یابد.

(۴) بستگی به عدد، Pr ممکن است کم یا زیاد شود.

۱۹۸- هوا 50°C با سرعت $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ وارد یک لوله به قطر 1cm و طول 5cm می شود اگر دمای جداره لوله 20°C باشد. دمای هوا در مرکز لوله در

وسط لوله و هنگام خروج از لوله چگونه است؟ (ویسکوزیته سینماتیکی هوا $= \frac{10^{-6}}{s} \frac{\text{m}^2}{s}$)، $Pr \approx 0.7$

(۱) دمای هوا در وسط لوله بیشتر از دمای هوا در هنگام خروج است.

(۲) دمای هوا در وسط لوله برابر دما در هنگام خروج است.

(۳) دمای هوا در هنگام خروج بیشتر از دمای هوا در وسط لوله است.

(۴) نمی توان نظر داد.

۱۹۹- دو سطح بی نهایت به موازات هم قرار گرفته اند. یکی از سطوح سیاه و در دمای 1000K می باشد و دیگری خاکستری در دمای 400K

می باشد. اگر تشعشع در واحد سطح در واحد زمان در تمام طول موج ها و در تمام فضای نیم کره اطراف سطح جسم سیاه $e_1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ و جسم

خاکستری $e_2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ باشد و ضریب تشعشع جسم خاکستری 0.25 باشد. میزان خالص انتقال حرارت بین این دو سطح کدام است؟

(۱) $\frac{255}{4} e_1$ (۲) $\frac{255}{256} e_1$ (۳) $\frac{4}{255} e_2$ (۴) $\frac{256}{255} e_2$

۲۰۰- دو استوانه بسیار بلند به شعاع I_1 و I_2 ($I_1 < I_2$) و کاملاً سیاه درون یکدیگر قرار دارند. اگر شعاع I_2 (استوانه بیرونی) دو برابر شود انتقال حرارت موازنه شده بین آن ها چقدر تغییر می کند؟

(۱) نصف می شود. (۲) دو برابر می شود. (۳) ۴ برابر می شود. (۴) تغییر نمی کند.

۲۰۱- بخار آب 400°C حجم مخصوصی برابر $\frac{0.2}{0.001}\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$ دارد. اگر فشار بر مبنای معادله گاز ایده آل P_1 و بر مبنای رابطه تراکم پذیری P_2 بدست بیاید آن گاه:

$$P_1 = P_2 \quad (1)$$

$$P_1 > P_2 \quad (2)$$

$$P_2 > P_1 \quad (3)$$

(۴) نیاز به داشتن ضریب تراکم پذیری دارد.

۲۰۲- یک دستگاه سیلندر - پیستون حاوی بخار آب اشباع را در نظر بگیرید که در فشار ثابت نگه داشته می شود، یک گرمکن برقی داخل سیلندر روشن است. به مدت زمان t ، با ولتاژ V ، جریان A از آن عبور می کند. مقدار تلفات حرارتی برابر است با: (۱ و ۲ معرف حالات اولیه و نهایی هستند)

$$+VA t \quad (1)$$

$$P_o(V_2 - V_1) + VA t \quad (2)$$

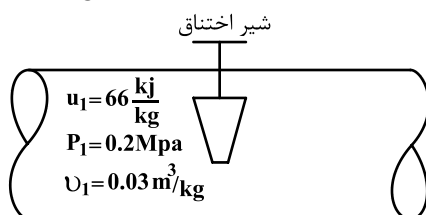
$$V_2 - V_1 + VA t \quad (3)$$

$$H_2 - H_1 + VA t \quad (4)$$

۲۰۳- یک مخزن صلب حاوی 10 kg هوا در 200 kPa و 27°C می باشد. به هوا حرارت داده می شود تا این که فشارش دو برابر شود. حجم مخزن و مقدار حرارت انتقالی چقدر است؟ ($R = 0.28$ ، $C_p = 1$)

$$3000\text{ kJ}, 0.42\text{ m}^3 \quad (1) \quad 2100\text{ kJ}, 0.42\text{ m}^3 \quad (2) \quad 3000\text{ kJ}, 0.42\text{ m}^3 \quad (3) \quad 2100\text{ kJ}, 0.42\text{ m}^3 \quad (4)$$

۲۰۴- طی فرآیند اختناق زیر انرژی داخلی جریان قبل از شیر $66\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ است و فشار و حجم مخصوص آن به ترتیب 0.2 MPa و $0.003\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$ می باشد، آنتالپی جریان بعد از شیر چقدر است؟



$$72\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (2)$$

$$66\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (4)$$

$$60\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (1)$$

$$66\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (3)$$

۲۰۵- مجموعه سیلندر - پیستون بدون اصطکاکی محتوی آب و بخار آب اشباع در دمای 100°C است. طی یک تحول فشار ثابت مقدار 600 kJ گرما به هوای اطراف با دمای 25°C منتقل می شود. تغییر کل آنتروپی چقدر است؟ و در مورد برگشت پذیری چه می توان گفت؟

$$+3/61 \quad (1) \quad \text{و فرآیند برگشت پذیر است.}$$

$$+2/01 \quad (2) \quad \text{و فرآیند برگشت ناپذیر است.}$$

$$-1/61 \quad (3) \quad \text{و فرآیند برگشت پذیر است.}$$

$$+0/4 \quad (4) \quad \text{و فرآیند برگشت ناپذیر است.}$$

۲۰۶- اگر رابطه تغییر آنتالپی به فرم $dh = C_p dT + (v - T(\frac{\partial v}{\partial T})_p) dp$ باشد، ضریب ژول - تامسون چقدر است؟

$$v - T(\frac{\partial v}{\partial T})_p \quad (4) \quad vC_p + (\frac{\partial v}{\partial p})_T \quad (3) \quad C_p[\frac{1}{v - T(\frac{\partial v}{\partial T})_p}] \quad (2) \quad -\frac{1}{C_p}[v - T(\frac{\partial v}{\partial T})_p] \quad (1)$$

۲۰۷- اتان C_2H_6 با ۲۰٪ هوای اضافی در خلال یک فرآیند می‌سوزد. با فرض کامل بودن احتراق و این‌که فشار کل در حدود 100 kPa است، فشار جزئی بخار آب محصولات چقدر است؟

- (۱) 100 kPa (۲) 32 kPa (۳) 60 kPa (۴) 14 kPa

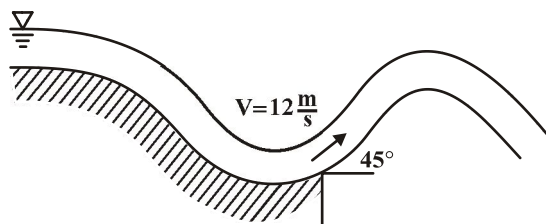
۲۰۸- یک صفحه شیشه‌ای متحرک به فاصله 1 mm از صفحه ثابت دیگری قرار دارد. بین دو صفحه از سیالی با جرم مخصوص $\frac{1000\text{ kg}}{\text{m}^3}$ پر شده

است. اگر نیروی لازم در واحد سطح برای حرکت صفحه متحرک با سرعت ثابت $\frac{1}{6}\text{ m/s}$ معادل 4 Pa ($\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$) باشد، ضریب لزجت سینماتیکی

سیال ν برابر چند $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ است؟

- (۱) 4×10^{-2} (۲) 0.4×10^{-3} (۳) 4×10^{-1} (۴) 4×10^{-3}

۲۰۹- آب از سرریزی جامی شکل با سرعت 12 m/s و زاویه 45° به هوا پرتاب می‌شود. با صرف‌نظر کردن از اصطکاک هوا بر روی حرکت جهت، ماکزیمم ارتفاعی که جت آب بالا می‌رود، برابر چند متر است؟



(۱) $1/67$

(۲) $2/67$

(۳) $3/67$

(۴) $4/367$

۲۱۰- مکعبی به ضلع یک متر از مایعی به چگالی نسبی 0.9 پر شده است و با شتاب $\frac{1}{81}\text{ m/s}^2$ به سمت پائین حرکت می‌کند

($g = 9.81\text{ m/s}^2$, $\rho_w = 1000\text{ kg/m}^3$) نتیجه نیروی حاصل از فشار مایع وارده بر هر دیواره جانبی مکعب مساوی است با:

- (۱) $4414/5\text{ N}$ (۲) 360 N (۳) 10458 N (۴) 5229 N

۲۱۱- در یک مدل آزمایشگاهی با مقیاس $\frac{1}{200}$ یک بندرگاه (برای مطالعه جریان‌های جزر و مدی)، نسبت زمان واقعی جزر و مدی به زمان جزر و مدی در آزمایشگاه چقدر می‌باشد؟

(۱) $100\sqrt{2}$

(۲) $10\sqrt{2}$

(۳) 200

(۴) در صورتی که خواص فیزیکی دو سیال در آزمایشگاه و واقعیت یکی باشند، این نسبت برابر ۱ می‌باشد.

۲۱۲- کدام عبارت در مورد تاثیر افزایش زبری سطح بدنه اجسام درست است؟

(۱) ضریب دراگ را افزایش می‌دهد.

(۲) ضریب دراگ را کاهش می‌دهد.

(۳) با توجه به شرایط دیگر، می‌تواند منجر به کاهش و یا افزایش ضریب دراگ C_D گردد.

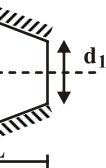
(۴) اثری بر ضریب دراگ C_D ندارد.

۲۱۳- نیروی کشش (Drag) وارده بر یک دودکش استوانه‌ای به بلندی 80 m و به قطر 10 m ، بر حسب نیوتن کدام است؟ سرعت باد در دمای

$T = 15^\circ\text{C}$ ، $\rho_{\text{air}} = 1.226\text{ kg/m}^3$ و $C_D = 0.34$ می‌باشند.

- (۱) $184/892$ (۲) $1848/92$ (۳) 184892 (۴) $18489/2$

۲۱۴- یک مخروط ناقص به اقطار d_1 ، d_2 ($d_2 > d_1$) و به دمای قاعده T_1 و به ترتیب که سطح جانبی آن کاملاً عایق شده است را در نظر بگیرید در شرایط پایدار چه مقدار حرارت از این مخروط می‌گذرد. ارتفاع مخروط L است (K ضریب هدایت مخروط است)



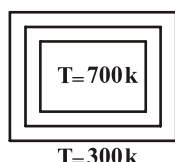
$$q = \frac{\pi k (T_r - T_l)}{L} \frac{d_l^2 d_r^2}{(d_l + d_r)^2} \quad (2)$$

(4) انتقال حرارت وابسته به X می باشد.

$$q = \frac{\pi k (T_r - T_l)}{L} \frac{d_l^2 d_r^2}{(d_r - d_l)^2} \quad (1)$$

$$q = \frac{\pi k (T_r - T_l)}{L} d_l d_r \quad (3)$$

۲۱۵- چنانچه انتقال حرارت از داخل کوره به خارج آن به وضعیت پایا رسیده باشد و مقاومت حرارتی دیواره a و دیواره b به ترتیب $\frac{K}{W}$ و $\frac{K}{W}$ باشد و اختلاف دماهای سطح تماس دو دیواره Δk باشد، میزان انتقال حرارت بین کوره و سطح آزاد دیواره b چقدر است؟



$$34/3 W \quad (1)$$

$$32/9 W \quad (2)$$

$$39/2 W \quad (3)$$

(4) نمی توان تعیین کرد

۲۱۶- دو پره طولانی یکی با سطح مقطع دایروی و مربعی در مجاورت هوا قرار دارند. اگر ضریب هدایت پره مربعی دو برابر ضریب هدایت پره دایروی باشد و مساحت دایره با مربع برابر باشد. نسبت راندمان پره مربعی به دایروی:

$$\sqrt[4]{\frac{2}{\pi}} \quad (4)$$

$$\sqrt[4]{\frac{\pi}{2}} \quad (3)$$

$$\sqrt[4]{\frac{16}{\pi}} \quad (2)$$

$$\sqrt[4]{\frac{\pi}{16}} \quad (1)$$

۲۱۷- توزیع درجه حرارت در یک جسم همگن در یک لحظه به صورت $T = \frac{1}{2}x^2 - y^2 + \frac{1}{2}z^2 - xz - 2yz$ است. با فرض ثابت بودن خواص جسم و بدون تولید حرارت داخلی، نواحی از جسم را که درجه حرارت جسم در یک لحظه مورد نظر با زمان تغییر می کند، مطابق کدام یک از حالت های زیر است؟

(3) در صفحه YOZ

(1) در صفحه XOY

(4) در هیچ نقطه از جسم تغییر نمی کند

(2) در صفحه ZOX

۲۱۸- جریان جابجایی و اجباری و آرام روی یک صفحه تخت را در نظر بگیرید، اگر شار حرارتی ثابت باشد در چه قسمتی از صفحه دما بیشتر است؟

(2) در قسمت انتهایی صفحه

(1) لبه شروع صفحه

(4) بر حسب عدد رینولدز می تواند در ابتدا و یا انتهایی صفحه باشد.

(3) در یک مکان مابین ابتدا و انتهایی صفحه

۲۱۹- سیالی با دمای $200^\circ C$ از داخل لوله فلزی با جداره خیلی نازک می گذرد، انتقال حرارت در داخل لوله $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ و در بیرون لوله $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ می باشد. اگر لوله در معرض هوای $20^\circ C$ باشد. دمای سطح بیرونی لوله به صورت تقریبی برابر است با:

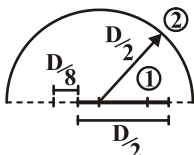
$$159/6^\circ C \quad (2)$$

$$24/4^\circ C \quad (1)$$

(4) بسته به مقاومت دیواره، نمی توان تعیین کرد.

$$200^\circ C \quad (3)$$

۲۲۰- برای نیمکره نشان داده شده که مطابق شکل صفحه ای دایره ای به قطر $\frac{D}{2}$ در آن قرار دارد. ضریب شکل ۲ به ۱؟



$$0/159 \quad (1)$$

$$0/375 \quad (2)$$

$$0/125 \quad (3)$$

$$0/875 \quad (4)$$

حرارت و سیالات

۱ - گزینه «۳»

طبق گفته صورت سوال، فشار متناسب است با ارتفاع:

$$P = kx$$

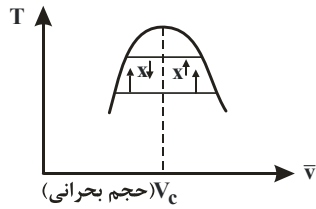
$$\text{در حالت اول: } P_1 = kx_1 \Rightarrow 300 \times 10^3 = k \times 0.3 \Rightarrow k = 10^6$$

$$\text{در حالت دوم: } P_2 = kx_2 \Rightarrow 500 \times 10^3 = 10^6 \times x_2 \Rightarrow x_2 = 0.5 \text{ m}$$

$$\begin{cases} w = \int P dv \\ P = kx \\ V = Ax \Rightarrow dv = A dx = 0.01 dx \end{cases}$$

$$\Rightarrow w = \int_{x_1}^{x_2} kx A dx = \int_{0.3}^{0.5} 10^6 \times 0.01 x dx = 10^4 [(0.5)^2 - (0.3)^2] = 1600 \text{ J} = 1.6 \text{ kJ}$$

۲ - گزینه «۲»



چون مخزن صلب است فرآیند حجم ثابت می‌باشد. با حرارت دادن به مخزن دما افزایش می‌یابد و مطابق شکل اگر $V < V_c$ باشد کیفیت کاهش می‌یابد و اگر $V > V_c$ باشد، کیفیت افزایش می‌یابد.

$$V > V_c \rightarrow x \uparrow, T \uparrow$$

$$V < V_c \rightarrow x \downarrow, T \uparrow$$

۳ - گزینه «۲»

در منطقه دوفازی دما و فشار به هم وابسته هستند زیرا ماده خالص در هر فشار خاص در یک دمای مشخص تغییر فاز می‌دهد. در واقع برای هر ماده خالص مشخص در منطقه دوفازی با داشتن فشار می‌توان دمای آن را نیز تعیین کرد.

۴ - گزینه «۴»

$$\left\{ \begin{array}{l} W = \int_{v_1}^{v_2} p dv \\ P = \frac{RT}{v-b} \end{array} \right. \Rightarrow W = \int_{v_1}^{v_2} \frac{RT}{v-b} dv \Rightarrow W = RT \ln(v-b) \Big|_{v_1}^{v_2}$$

$$\Rightarrow W = RT [\ln(v_2 - b) - \ln(v_1 - b)]$$

$$\Rightarrow W = RT \ln \frac{v_2 - b}{v_1 - b}$$

۵- گزینه «۱»
طبق فرضیات:

$$Q = W = 0$$

$$m_1 = m_e = 0$$

$$m_r = m_i$$

قانون اول برای یک فرآیند USUF:

$$Q + m h_i = m_r u_r \rightarrow u_r = h_i \Rightarrow C_v T_r = C_p T_i$$

$$\begin{cases} T_r = \frac{C_p}{C_v} T_i \\ C_p - C_v = R \end{cases} \rightarrow \begin{cases} C_v = C_p - R = 1 - 0/2 = 0/2 \\ T_i = 250 + 273 = 523 \text{ K} \end{cases} \Rightarrow T_r = \frac{1}{0/2} \times 523 = 653/2 \text{ K} \rightarrow T_r = 326.5^\circ \text{ C}$$

۶- گزینه «۱»

$$1 \text{ گزینه: } \frac{T_r}{T_1} = \left(\frac{P_r}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad \gamma > 1 \xrightarrow{P_r < P_1} T_r < T_1$$

$$2 \text{ گزینه: } \frac{T_r}{T_1} = \frac{P_r}{P_1} \xrightarrow{P_r < P_1} T_r < T_1$$

$$3 \text{ گزینه: } P_1 V_1 = P_r V_r \xrightarrow{P_r < P_1} V_r > V_1$$

$$\left(\frac{V_1}{V_r}\right) = \left(\frac{P_r}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}} \xrightarrow{P_r < P_1} V_r > V_1$$

لذا تنها گزینه ۱ صحیح می باشد.

۷- گزینه «۴»

کار در فرایند فشار ثابت: $W = P(V_r - V_1) = 54 \text{ kJ}$

$$V_r - V_1 = \frac{W}{P} = \frac{54}{600} = 0/09 \text{ m}^3$$

$$V_r = \frac{W}{P} + V_1 = 0/01 + 0/09 = 0/1 \text{ m}^3$$

قانون گاز ایده آل: $P_r V_r = m R T_r \Rightarrow P_r = \frac{m R T_r}{V_r}$

$$P_1 V_1 = m R T_1 \Rightarrow P_1 = \frac{m R T_1}{V_1}$$

$$\rightarrow P_r = P_1 \rightarrow \frac{m R T_r}{V_r} = \frac{m R T_1}{V_1} \Rightarrow T_r = \frac{V_r}{V_1} T_1 = \frac{0/1}{0/01} \times 290 = 2900 \text{ K}$$

۸- گزینه «۲»

$$\begin{cases} mg \sin \alpha = \tau A \\ \tau = \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{V}{h} \Rightarrow mg \sin \alpha = \mu \frac{V}{h} A \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{mg \sin \alpha h}{\mu A}$$

سرعت با لزجت رابطه عکس و با فاصله جعبه با سطح شیبدار رابطه مستقیم دارد.

$$V_2 = \frac{mg \sin \alpha \frac{h}{2}}{2\mu A} = \frac{1}{2} \frac{mg \sin \alpha}{\mu A} = \frac{1}{2} V_1$$

۹- گزینه «۱»

فشار نسبی در ارتفاع h بانیروی کشش سطحی خنثی می‌گردد.

$$\sigma \cos \theta (\pi D + \pi d) = \rho g h \pi \left(\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4} \right)$$

$$\sigma \cos \theta (D + d) = \rho g h \times \frac{1}{4} (D - d)(D + d)$$

$$\Rightarrow h = \frac{4\sigma \cos \theta}{\rho g (D - d)}$$

۱۰- گزینه «۴»

$$u = \Delta x = \frac{dx}{dt} \Rightarrow \frac{dx}{x} = \Delta dt \rightarrow \ln x = \Delta t + c_1$$

$$V = r y t = \frac{dy}{dt} \rightarrow \frac{dy}{y} = r t dt \rightarrow \ln y = t^2 + c_2$$

با توجه به این‌که در لحظه $t = 0$ باید از نقطه $(1, 1)$ عبور کند، ثابت‌های c_1 و c_2 هر دو در این لحظه برابر صفر هستند.

$$\ln x = \Delta t$$

$$\ln y = t^2 \rightarrow \ln x = \Delta \sqrt{\ln y} \rightarrow x = e^{\Delta \sqrt{\ln y}}$$

۱۱- گزینه «۳»

در گازها با افزایش درجه حرارت لزجت افزایش می‌یابد.

۱۲- گزینه «۱»

ابتدا باید سرعت در سطح تماس دوسیال (V) را به دست آوریم.

$$\mu_1 \frac{U-V}{2H} = \mu_2 \frac{V}{H} \rightarrow U-V = 2 \frac{\mu_2}{\mu_1} V \rightarrow V = \frac{U}{1 + \frac{2\mu_2}{\mu_1}}$$

$$\text{تنش در صفحه پایینی} = \mu_2 \frac{\frac{U}{1 + \frac{2\mu_2}{\mu_1}}}{H} = \frac{\mu_2 U}{H(1 + \frac{2\mu_2}{\mu_1})}$$

۱۳- گزینه «۲»

$$F = F_1 - F_2 = \rho g \times \left(\frac{rD}{\lambda}\right) \times \left(\frac{L \times rD}{f}\right) - \rho g \left(\frac{D}{f}\right) \left(L \frac{D}{r}\right)$$

$$F = \frac{9}{32} \rho g L D^2 - \frac{1}{8} \rho g L D^2 = \frac{5}{32} \rho g L D^2$$

۱۴- گزینه «۲»

نیروی شناوری = نیروی وزن

$$1400 \times g[A \times 1] = 1000 \times g[A \times h] + 1500 \times g[A(1-h)]$$

$$\Rightarrow 1400 = 1000h + 1500 - 1500h \Rightarrow 500h = 100$$

$$\Rightarrow h = \frac{100}{500} = 0.2 \text{ cm}$$

۱۵- گزینه «۳»

میزان گرم به نظر رسیدن به ضریب نفوذ گرمایی مربوط می شود و برای مس ضریب نفوذ گرمایی بزرگتر از چوب می باشد.

۱۶- گزینه «۱»

$$\begin{aligned} q_1 &= q_2 \\ \rightarrow -\frac{k_1}{L} (T_1 - T_s) &= -\frac{k_2}{L} (T_s - T_2) \\ \rightarrow T_1 - T_s &= \frac{k_2}{k_1} (T_s - T_2) \rightarrow T_1 - T_s = r(T_s - T_2) \\ \rightarrow T_1 + rT_2 &= rT_s \rightarrow T_s = \frac{T_1 + rT_2}{r} \end{aligned}$$

۱۷- گزینه «۲»

$$q'' = -(k_o + aT) \frac{dT}{dx}$$

از طرفین نسبت به X مشتق می گیریم $\rightarrow \frac{dq''}{dx} = -\frac{d}{dx}[(k_o + aT) \frac{dT}{dx}] = 0$

برای حالت پایا $\frac{dq}{dx} = 0$

$$\begin{aligned} \Rightarrow -(k_o + aT) \frac{d^2 T}{dx^2} - a \left[\frac{dT}{dx} \right]^2 &= 0 \\ \rightarrow \frac{d^2 T}{dx^2} = \frac{-a}{k_o + aT} \left[\frac{dT}{dx} \right]^2 &\rightarrow \begin{cases} k_o + aT > 0 \\ -a < 0 \\ \left[\frac{dT}{dx} \right]^2 > 0 \end{cases} \rightarrow \frac{d^2 T}{dx^2} < 0 \end{aligned}$$

یعنی تقعر منحنی رو به پایین می باشد.

۱۸- گزینه «۴»

گرمای تولید شده در استوانه برابر با گرمای خروجی از پوسته عایق می‌باشد.

$$\dot{q} \times \pi r^2 L = h[\pi(r) L](T_s - T_\infty)$$
$$\Rightarrow T_s - T_\infty = \frac{\dot{q} r}{h} \rightarrow T_s = \frac{\dot{q} r}{h} + T_\infty$$

۱۹- گزینه «۱»

شعاع بحرانی برای استوانه $r_c = \frac{k}{h}$ و برای کره $r_c = \frac{2k}{h}$ می‌باشد.

۲۰- گزینه «۲»

نصب پره‌ها لزوماً آهنگ انتقال حرارت را افزایش نمی‌دهد. اگر ضریب جابجایی گرمایی (h) زیاد باشد و ضریب هدایت حرارتی پره کم باشد ممکن است انتقال حرارت کاهش یابد.

همچنین عملکرد پره از رابطه $\varepsilon = \sqrt{\frac{kP}{hA_c}}$ بدست می‌آید که با ضریب هدایت پره رابطه مستقیم و با ضریب جابجایی رابطه عکس دارد.

۲۱- گزینه «۲»

این موضوع که خطوط آنتالپی ثابت اساساً با خطوط دمای حبابر ثابت موازی اند، از این واقعیت ناشی می شود که دمای حبابر اساساً با دمای اشباع بی دررو یکسان است.

۲۲ - گزینه «۳»

$$\phi = \frac{P_v}{P_g} \rightarrow P_v = 0.7 \times 5.628 = 3.94 \text{ kPa}$$

$$P_a = P - P_v = 100 - 3.94 = 96.06 \text{ kPa}$$

$$w = 0.622 \times \frac{P_v}{P} = 0.622 \times \frac{3.94}{96.06} = 0.0255$$

۲۳- گزینه «۱»

از رابطه کلایپرون داریم:

$$\frac{dP}{dT_{ig}} = \frac{P \cdot h_{ig}}{RT^2} \rightarrow \int_1^2 \frac{dP}{P} = \frac{h_{ig}}{R} \int \frac{dT}{T^2} \rightarrow \ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{h_{ig}}{R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right), \quad T_1 = 213/2 \text{ K} \quad T_2 = 233/2 \text{ K}$$

$$\rightarrow \ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{2838/9}{0.46152} \left(\frac{233/2 - 213/2}{233/2 \times 213/2} \right) = 2.4744$$

۲۴- گزینه «۳»

با توجه به صلب بودن مخزن تغییری در حجم مخصوص رخ نمی‌دهد. از طرف دیگر با توجه به اینکه آمونیاک در حالت اشباع قرار دارد با گرما دادن به آن به بخار فوق داغ تبدیل می‌شود.

۲۵- گزینه «۴»

چون انرژی داخلی و آنتالپی گاز ایده‌آل فقط تابعی از دماست می‌توان نتیجه گرفت که گرماهای ویژه در حجم ثابت و فشار ثابت نیز فقط تابع دما هستند. از طرفی تفاضل C_p و C_v همواره مقداری ثابت و برابر R می‌باشد.

۲۶- گزینه «۱»

برای ماده‌ای مانند آب که در حین انجماد منبسط می‌شود با افزایش فشار، دمای انجماد کاهش می‌یابد. بنابراین با افزایش فشار، بخار نخست به جامد و سپس به مایع تبدیل می‌شود.

۲۷- گزینه «۲»

در مدل دالتون مخلوط‌های گازی، خواص هر جزء مخلوط چنان در نظر گرفته می‌شود که گویی آن جزء به تنهایی و مستقل در حجم و دمای مخلوط وجود دارد.

$$PV = n\bar{R}T, \quad n = n_A + n_B \quad \text{برای کل مخلوط}$$

$$P_A V = n_A \bar{R}T \quad \text{برای جزء A}$$

$$P_B V = n_B \bar{R}T \quad \text{برای جزء B}$$

$$\frac{PV}{\bar{R}T} = \frac{P_A V}{\bar{R}T} + \frac{P_B V}{\bar{R}T} \Rightarrow P = P_A + P_B$$

۲۸- گزینه «۴»

$$f_{Lam} = \frac{64}{Re} \text{ جریان آرام}$$

$$f_{turb} = \frac{0.316}{\frac{1}{Re^4}} \text{ رابطه بلازیوس}$$

$$\frac{f_{Lam}}{f_{turb}} = \frac{\frac{64}{Re}}{\frac{0.316}{\frac{1}{Re^4}}} = \frac{64}{0.316} \times \frac{1}{10} = 0.2$$

۲۹- گزینه «۴»

$$\frac{V_C^2}{2} + gz_C + \frac{P_C}{\rho} = \frac{V_B^2}{2} + gz_B + \frac{P_B}{\rho}$$

معادله برنولی بین B و C

$$V_C = V_B \text{ از پیوستگی}$$

$$P_C = 0 \text{ به دلیل تخلیه به محیط بیرون}$$

$$\frac{P_B}{\rho} + g(H+L) = 0 \Rightarrow P_B = -\rho g(H+L) \Rightarrow P_B = -\gamma(H+L)$$

۳۰- گزینه «۱»

$$u = \frac{\Delta P}{4\mu L} (R^2 - r^2) \text{ سرعت موضعی برای جریان توسعه یافته}$$

$$\bar{V} = \frac{\Delta P R^2}{8\mu L} \text{ سرعت متوسط برای جریان توسعه یافته در لوله}$$

$$u = 2\bar{V} \rightarrow \frac{\Delta P}{4\mu L} (R^2 - r^2) = 2 \times \frac{\Delta P R^2}{8\mu L}$$

در فاصله R از جداره لوله \rightarrow در مرکز لوله $\rightarrow r = 0 \rightarrow R^2 - r^2 = R^2$

۳۱- گزینه «۳»

برای تشابه دینامیکی جریان‌ها باید به طور سینماتیکی مشابه باشند به علاوه تشابه هندسی نیز وجود داشته باشد.

۳۲- گزینه «۳»

$$\left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1\right) = \left(\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2\right) + H_T$$

$$H_T = (Z_1 - Z_2) - \frac{V_2^2}{2g} = 100 - \frac{9^2}{2 \times 10} = 100 - 4.05 = 95.95 \text{ m}$$

۳۳- گزینه «۲»

عدد رینولدز نسبت نیروی اینرسی به نیروی اصطکاک می‌باشد این عدد معمولاً برحسب پارامترهای مناسبی از جریان و هندسه آن بیان می‌شود و در اکثر مسایل سیالاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
عدد فرود نسبت نیروی اینرسی به نیروی جاذبه می‌باشد. اگر در جریان، یک سطح آزاد وجود داشته باشد مثل جریان در یک رودخانه، شکل این سطح و امواج آن مستقیماً متأثر از نیروی جاذبه است بنابراین در چنین مواردی عدد فرود حائز اهمیت است.

۳۴- گزینه «۳»

$$h = h_1 + h_r + h_{r'} , h = \frac{fL}{D} \frac{V_r}{g} , Q = VA \rightarrow V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi d_r^2}$$

$$\frac{fL}{D} \frac{Q_r}{D^f} = f \frac{L_1}{d_1} \frac{Q_r}{d_1^f} + f \frac{L_r}{d_r} \frac{Q_r}{d_r^f} + f \frac{L_{r'}}{d_{r'}} \frac{Q_r}{d_{r'}^f}$$

$$\rightarrow \frac{L}{D^\Delta} = \frac{L_1}{d_1^\Delta} + \frac{L_r}{d_r^\Delta} + \frac{L_{r'}}{d_{r'}^\Delta} \rightarrow L = D^\Delta \left[\frac{L_1}{d_1^\Delta} + \frac{L_r}{d_r^\Delta} + \frac{L_{r'}}{d_{r'}^\Delta} \right]$$

۳۵- گزینه «۳»

$$NU_x = \frac{hx}{k} = Cx^{-\frac{1}{\Delta}} \rightarrow h = kCx^{-\frac{\epsilon}{\Delta}}$$

$$\bar{h} = \frac{1}{L} \int_0^L h dx = \frac{1}{L} \int_0^L k C_1 x^{-\frac{\epsilon}{\Delta}} dx = L^{-\frac{\epsilon}{\Delta}} k C_r$$

$$\overline{NU} = \frac{\bar{h}L}{k} = C_r L^{-\frac{1}{\Delta}}$$

۳۶- گزینه «۴»

در فلزات مایع عدد پرانتل کوچکتر از یک است که در نتیجه آن ضخامت لایه مرزی سرعت خیلی کوچکتر از ضخامت لایه مرزی گرمایی است بنابراین تقریباً ضخامت لایه مرزی سرعت ناچیز بوده و توزیع سرعت معادل سرعت در جریان آزاد U_∞ می‌باشد.

۳۷- گزینه «۲»

در صورتی که ضریب هدایت خیلی بزرگ باشد انتقال حرارت درون جسم به سرعت صورت گرفته و می‌توان آن را به عنوان جسم تک‌دما فرض کرد.

۳۸- گزینه «۲»

$$Re = \frac{Ux}{\nu} = \frac{0/5 \times 10}{0/16 \times 10^{-4}} = 3/1 \times 10^5 \rightarrow \text{جریان آرام}$$

$$\overline{Nu} = 0/664 Pr^{\frac{1}{3}} Re^{\frac{1}{2}} = 0/664 \times (0/72)^{\frac{1}{3}} \times (3/1 \times 10^5)^{\frac{1}{2}} \cong 330$$

۳۹- گزینه «۱»

با توجه به اینکه با افزایش X ضخامت لایه مرزی افزایش می‌یابد گرادیان دما در لایه مرزی کاهش خواهد یافت چون دمای سیال و صفحه ثابت است.

۴۰- گزینه «۱»

زمان لازم برای خنک شدن جسم متناسب است با $\frac{\rho V C_p}{h A}$. از این روی برای سریعتر خنک شدن جسم باید C_p کمتر و h بیشتر باشد.

۴۱- گزینه «۲»

در فرآیند پلی تروپیک

$$w = \frac{P_r V_r - P_1 V_1}{1 - n}$$

$$MR = \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{300 \times 0/2}{473} = 0/126$$

$$w = \frac{P_r V_r - P_1 V_1}{1 - n} = \frac{MR (T_r - T_1)}{1 - n} = \frac{0/126 (373 - 473)}{1 - \frac{1}{2}}$$

$$w = 63/4kj$$

۴۲- گزینه «۱»

$$\beta = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{\Delta_{\circ\circ}}{\gamma_{\circ\circ} - \Delta_{\circ\circ}} = \frac{\Delta_{\circ\circ}}{\gamma_{\circ\circ}} = \gamma / \Delta$$

۴۳- گزینه «۴»

$$\Delta u = C_u \Delta T$$

$$PU = mRT \Rightarrow Pdv + udp = mRdT$$

$$\Rightarrow P\Delta V = mR\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{P\Delta V}{mR} = \frac{P\Delta V}{m(C_P - C_U)}$$

$$\Rightarrow \Delta u = C_U \Delta T = C_U \cdot \frac{P\Delta V}{m(C_P - C_U)} = \frac{1}{\gamma - 1} P\Delta V$$

m : تعداد مول ها است.

۴۴- گزینه «۴»

مقدار بخار آب در این فرآیند بستگی به حجم مخصوص دارد که چون در این سوال حجم مخصوص مشخص نیست گزینه ۴ صحیح است. یعنی اگر حجم مخصوص از مقدار بحرانی کمتر باشد مایع زیاد می‌شود و بالعکس.

۴۵- گزینه «۳»

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

راندمان موتور حرارتی کارنو:

$$\eta = \frac{W}{Q_H}$$

از طرفی راندمان به فرم روبرو هم است:

$$1 - \frac{T_L}{T_H} = \frac{W}{Q_H}$$

در نتیجه

توجه داشته باشید که $Q_H = Q_c + w = 600 \text{ kJ}$ پس:

$$1 - \frac{T_L}{1000} = \frac{300}{600} \Rightarrow \frac{T_L}{1000} = 0.5 \rightarrow T_L = 500 \text{ K}$$

۴۶- گزینه «۲»

$$\eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{\text{مساحت مثلث}}{\text{مساحت مثلث} + \text{مستطیل}} = \frac{100 \times \frac{100}{2}}{100 \times \frac{100}{2} + 300 \times 100}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{5000}{5000 + 30000} = \frac{5}{35} = \frac{1}{7} \approx 14\%$$

راندمان حرارتی سیکل ۱۴٪ است پس گزینه ۲ صحیح است.

۴۷- گزینه «۲»

از قانون لزجت نیوتن داریم:

$$\tau = \mu \frac{\Delta V}{h} \Rightarrow \epsilon = \mu \times \frac{0.1 - 0 \left(\frac{m}{s} \right)}{1 \times 10^{-3} (m)}$$

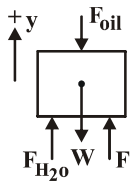
$$\Rightarrow \mu = 0.04 \frac{kg}{m.s}$$

$$v = \frac{0.04}{1000} \Rightarrow v = 0.04 \times 10^{-3} \left(\frac{m}{s} \right) \quad \text{لذا:}$$

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{داریم:}$$

۴۸- گزینه «۴»

از تعادل نیروها داریم:



$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F + F_{H_2O} - F_{oil} - W = 0 \quad (1)$$

$$W = \gamma_{\text{بتن}} \times V = 25 \times 10^3 \times 0.28 \times 0.5 \Rightarrow W = 3500 \quad (N)$$

$$F_{H_2O} = P_{H_2O} \times A = \gamma_{H_2O} \times d_{H_2O} \times A = 9806 \times [(3 - 1/5) + (0.5 - 0.3)] \times 0.28$$

$$\Rightarrow F_{H_2O} = 4667/65 (N)$$

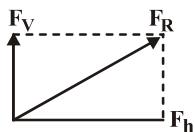
$$F_{oil} = P_{oil} \times A = \gamma_{oil} \times d_{oil} \times A = 0.85 \times 9806 \times (3 - 0.3) \times 0.28 \Rightarrow F_{oil} = 6301/33 (N)$$

در نتیجه با جایگذاری نیروهای بدست آمده فوق در رابطه (۱) خواهیم داشت:

$$F = 3500 + 6301/33 - 4667/65 \Rightarrow F = 5133/68 (N)$$

۴۹- گزینه «۱»

نیروهای وارد بر دریچه شامل یک نیروی موازی با سطح آزاد وارد از طرف آب و به دریچه و یک نیروی عمود بر سطح آزاد وارده از آب به دریچه می‌باشد:



$$F_h = \gamma h_c A = 1000 \times 9.81 \times \frac{3}{2} \times (3 \times 1) \\ \Rightarrow F_h = 353.16 \text{ (KN)}$$

$$F_v = \gamma V = \gamma \left(\frac{1}{2} \times \frac{\pi D^2}{4} \times L \right) = 1000 \times 9.81 \times \frac{\pi}{8} \times 3^2 \times 1$$

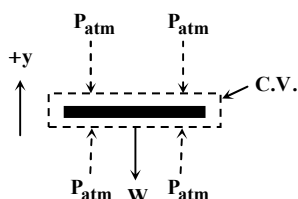
$$\Rightarrow F_v = 277.37 \text{ (KN)}$$

$$F_R = (F_h^2 + F_v^2)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow F_R = 449 \text{ KN} \quad , \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{F_v}{F_h} \Rightarrow \alpha = 38.15$$

۵۰- گزینه «۲»

حجم کنترلی دور صفحه به صورت روبرو انتخاب می‌کنیم:

با نوشتن معادله مومنوم در جهت y داریم:



$$-W = -\rho V^2 A + 0 \Rightarrow Q = \rho V^2 A = \rho Q V \Rightarrow V = \frac{223}{1000 \times 70 \times 10^{-3}} = 3.186 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

سپس با نوشتن معادله برنولی بین نقطه (۱) یعنی خروجی از نازل و نقطه (۲) یعنی ورودی به حجم کنترل خواهیم داشت
 $(z_1 = 0, p_1 = p_2 = p_{\text{atm}})$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

$$\frac{V_1^2}{2 \times 9.81} = \frac{(3.186)^2}{2 \times 9.81} + 0.3 \Rightarrow V_1 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = V_1 \times A = V_1 \times \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \left(\frac{4Q}{V_1 \pi} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{4 \times 70 \times 10^{-3}}{4 \times \pi} \right)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow D = 0.149 \text{ m}$$

$$\Rightarrow D = 0.149 \text{ m} \square 0.15 \text{ m}$$

۵۱- گزینه «۳»

از معادلات ساده شده ناویر - استوکس در حالت دو بعدی برای جریان غیرقابل تراکم، معادله پیوستگی بصورت زیر خواهد بود:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$u = 2x + 5y \Rightarrow \frac{\partial u}{\partial x} = 2$$

بنابراین داریم:

$$\frac{\partial v}{\partial y} = -2 \Rightarrow v = -2y + c$$

لذا از معادله (۱) خواهیم داشت:

۵۲- گزینه «۲»

از معادله تغییرات فشار نسبی در امتداد قائم برای مایعات تحت شتاب ثابت داریم:

$$\frac{\partial P_g}{\partial Z} = -\rho(g + a_z), \quad a_z = -g$$

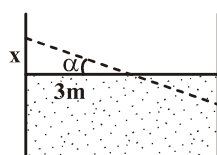
$$\Rightarrow \frac{\partial P_g}{\partial Z} = 0 \Rightarrow P_g = \text{const.}$$

از معادله توزیع فشار نسبی در سیال خواهیم داشت:

$$P = C - \gamma y \frac{a_y}{g} - \gamma z \left(1 + \frac{a_z}{g} \right) \Rightarrow \begin{cases} a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \Rightarrow P = C$$

در معادله توزیع فشار نسبی فوق، ثابت انتگرال‌گیری C با دانستن فشار در یک محل معلوم به دست می‌آید و چون در محاسبات فوق P برابر C است (و چون مخزن روباز است)، بنابراین P برابر فشار محل یعنی فشار اتمسفر می‌باشد.

۵۳- گزینه «۴»



خطوط فشار ثابت (هم‌فشار) دارای شیب $-\frac{a_x}{g + a_z}$ و موازی سطح آزاد خواهند بود:

$$\tan \alpha = \frac{dz}{dx} = -\frac{a_x}{a_z + g} = -\frac{\frac{g}{4}}{\frac{g}{4} + g} = -\frac{1}{5} \quad (\alpha \text{ عبارت از زاویه سطح سیال با افق است})$$

$$\tan \alpha = -\frac{x}{3} \Rightarrow -\frac{1}{5} = -\frac{x}{3} \Rightarrow x = 1.5$$

برای محاسبه نیروی فشاری وارده از طرف آب به دریچه داریم:

$$F = P.A = \gamma h A = 10^4 \times (1.5 + 3) \times \frac{\pi}{4} (3^2) \Rightarrow F = 100.53 \text{ (KN)}$$

۵۴- گزینه «۳»

در ابتدا باید در نظر بگیریم که بازده جمع‌آوری انرژی یعنی چه:

$$(*) \quad \text{بازده} = \frac{q \text{ تلف شده} - q \text{ جذب شده}}{q \text{ جذب شده}}$$

میزان انرژی که از خورشید توسط جمع‌آوری کننده جذب شده است.

$$q \text{ جذب شده} = 1000 \times 0.85 = 850 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

میزان انرژی که تلف می‌شود فقط از طریق جابجایی اتفاق می‌افتد.

$$q = h(T_s - T_\infty) = h(\tau) \frac{w}{m^2}$$

بنابراین با قرار دادن در فرمول (*):

$$40\% = \frac{850 - \tau \cdot h}{850} \Rightarrow 340 = 850 - \tau \cdot h \rightarrow \tau \cdot h = 510$$

$$\Rightarrow h = 510 / \tau \frac{w}{m^2 k}$$

پس گزینه ۳ صحیح است.

۵۵- گزینه «۴»

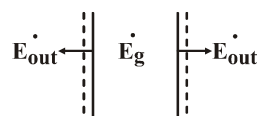
در این شکل به دلیل تقارنی که وجود دارد میزان دفع انرژی از هر دو طرف به شکل جابجایی یکسان است. با نوشتن موازنه انرژی برای کل دیواره می‌توانیم دمای سطح T_s را به دست آوریم.

برای محاسبه \dot{q} کل سطح پایه از رابطه انتگرال‌گیری کنیم:

$$10^{-4} \times q'' = \int_{-L}^L \left(1 - \frac{x^2}{L^2}\right) dx = \left(x - \frac{x^3}{3L^2}\right) \Big|_{-L}^L = 2L - \frac{2L^3}{3L^2} = 2L - \frac{2L}{3} = \frac{4L}{3} = 0.4 \frac{w}{m^2}$$

$$\Rightarrow q'' = 0.4 \times 10^{-4} = 40000 \frac{w}{m^2}$$

حال موازنه انرژی را می‌نویسیم (برای حجم کنترل روبرو):



$$\dot{E}_g = 2 \dot{E}_{out} \Rightarrow q'' = 2h(T_s - T_\infty)$$

$$40000 = 2 \times 25 \times (T_s - 100) \rightarrow 80 = T_s - 100$$

$$\Rightarrow T_s = 180^\circ \text{C}$$

۵۶- گزینه «۲»

انتقال گرمای یک بعدی پایا، با تولید انرژی، در شرایطی که k ثابت است.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \dot{q} = 0 \rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\dot{q}}{k} = 0$$

$$\Rightarrow T(x) = -\frac{\dot{q}}{2k} x^2 + c_1 x + c_2 \Rightarrow T(-L) = T_w, T(L) = T_w$$

$$\Rightarrow T(x) = \frac{\dot{q}L^2}{2x} \left(1 - \frac{x^2}{L^2} \right) + T_w$$

توزیع دما برابر است با:

$$\frac{T(x) - T_o}{T_w - T_o} = \left(\frac{x}{L} \right)^2$$

$$\frac{T - 100}{20 - 100} = \left(\frac{1}{2} \right)^2 = \frac{1}{4} \quad T - 100 = (-80) \frac{1}{4} = -20 \Rightarrow T = 80^\circ \text{C}$$

راه تستی:

در شرایطی که تولید انرژی وجود داشته باشد، و دمای دیواره در دو طرف با هم برابر باشد توزیع‌ها به صورت روبرو خواهد بود:

$$\frac{T(x) - T_o}{T_w - T_o} = \left(\frac{x}{L} \right)^2$$

۵۷- گزینه «۱»

مقاومت گرمایی برای یک استوانه با شعاع داخلی r_1 و شعاع خارجی r_2 و طول L و ضریب هدایت k برابر است با:

$$\frac{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}{2\pi k L}$$

در این مسئله دیواره مرکب داریم، بنابراین مقاومت مجموعه برابر است با:

$$R_t = \frac{\ln \left(\frac{r+t}{r} \right)}{2\pi k_1 L} + \frac{\ln \left(\frac{r+2t}{r+t} \right)}{2\pi k_2 L}$$

$$\ln \left(1 + \frac{t}{r} \right), (t \ll r) \rightarrow \frac{1}{1+x} = 1 - x + x^2 - x^3 + \dots \quad (0 < x < 1)$$

حال اگر از طرفین انتگرال بگیریم:

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \dots$$

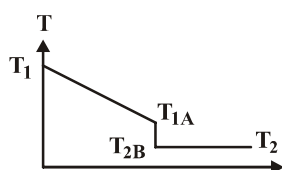
بنابراین

$$\ln\left(1 + \frac{t}{r}\right) \approx \frac{t}{r}, \quad \ln\left(1 + \frac{t}{r+t}\right) \approx \frac{t}{r+t}$$

$$R_t = \frac{\frac{t}{r}}{\gamma \pi k L} + \frac{\frac{t}{r+t}}{\gamma \pi k \times \gamma L} = \frac{t}{\underbrace{\gamma \pi r L}_A k} + \frac{t}{\underbrace{\gamma (r+t) \gamma \pi L}_A k} = \frac{t}{A k} + \frac{t}{\gamma A k} = \frac{\gamma t}{\gamma A k}$$

۵۸- گزینه «۲»

مقاومت گرمایی تماس عاملی است که سبب افت دما در سطح تماس بین مواد می شود.



T_1 : دمای سطح مجاور با کوره (برای دیواره ۱ است)

T_{1A} : دمای سطح دیواره ۱ در تماس با دیواره ۲ است.

T_{2B} : دمای سطح دیواره ۲ در تماس با دیواره ۱ است.

T_2 : دمای سطح دیواره ۲ در تماس با محیط اطراف است.

$$q = \frac{T_1 - T_{1A}}{R_A} = \frac{T_{1A} - T_{2B}}{R''} = \frac{T_{2B} - T_2}{R_B} = \frac{T_1 - T_2}{R_A + R_B + R_{t,c}''}$$

$$R_A = \frac{c}{w} \cdot 1^\circ, \quad R_B = \frac{c}{w} \cdot 2^\circ, \quad R_{t,c}'' = \frac{c}{w} \cdot 1^\circ \text{ مقاومت گرمایی تماس}$$

$$T_{1A} - T_{2B} = \lambda^\circ c$$

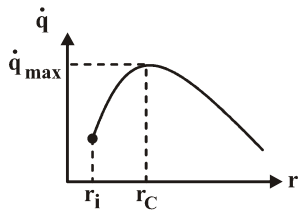
$$\Rightarrow q = \frac{\lambda}{1^\circ} = \lambda \cdot w \quad q = \frac{T_1 - T_2}{R_A + R_B + R_{t,c}''} = \lambda \cdot \frac{T_1 - 50}{5 + 2 + 1} = \frac{T_1 - 50}{\gamma / 1}$$

$$568 = T_1 - 50 \Rightarrow T_1 = 618^\circ c$$

۵۹- گزینه «۱»

در کره، با افزایش ضخامت عایق مقاومت جابجایی کاهش یافته ولی مقاومت هدایتی افزایش می‌یابد. بنابراین مجبور هستیم شعاع بحرانی را تعیین کنیم. در شعاع بحرانی مقاومت گرمایی حداقل و در نتیجه اتلاف گرما حداکثر مقدار را خواهد داشت با افزایش ضخامت عایق، اتلاف گرمایی افزایش می‌یابد. $(r_i + f) > r_c$

با افزایش ضخامت عایق، اتلاف گرمایی کاهش می‌یابد. $(r_i + d) > r_c$



$$q = \frac{\Delta T}{\Sigma R_t}, \quad \Sigma R_t = \frac{1}{h(\pi r^2)} + \frac{1}{\pi k} \ln \frac{r}{r_i}$$

$$\frac{dq}{dr} = 0 \Rightarrow \frac{d\Sigma R_t}{dr} = 0 \quad r_c = \frac{rk}{h}$$

$$t = \frac{rk}{h} - r$$

بنابراین ضخامت عایق برابر $t = \frac{rk}{h} - r$ و اتلاف گرمایی حداکثر است بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

۶۰- گزینه «۲»

برای پره‌های بلند داریم: راندمان پره

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{kp}{kA_c}} = \frac{\text{نرخ انتقال گرما با پره}}{\text{نرخ انتقال گرما بدون پره}} = \frac{q_f}{hA_{c,b} \theta_o}$$

بنابراین هر چه ضریب هدایت گرمایی (k) پره بیشتر و ضریب جابجایی گرمایی (h) کمتر باشد راندمان پره بیشتر می‌شود در نتیجه انتقال حرارت افزایش می‌یابد.

ضریب هدایت گرمایی (k) آهن کمتر از ضریب هدایت گرمایی (k) آلومینیوم است، بنابراین آلومینیوم مناسبتر است.

ضریب جابجایی گرمایی (h) گاز کمتر از ضریب جابجایی گرمایی (h) مایعات است بنابراین بهتر است در طرف گاز نصب شود.

۶۱- گزینه «۱»

اگر فشار در دو مخزن یکسان باشد پیستون‌ها ثابت خواهند ماند.

فشار در هر مخزن برابر است با فشار هوا به اضافه فشار حاصل از وزن پیستون در آن مخزن.

$$P_A = P_o + \frac{m_A g}{S_A}, \quad P_B = P_o + \frac{m_B g}{S_B}$$

$$\text{شرط تعادل} \Rightarrow P_A = P_B \Rightarrow P_o + \frac{m_A g}{S_A} = P_o + \frac{m_B g}{S_B} \Rightarrow m_B = \frac{S_B}{S_A} m_A$$

$$m_B = \frac{30}{50} \times 25 = 15 \text{ kg}$$

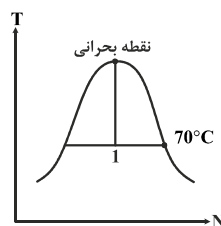
۶۲- گزینه «۳»

$$N_2 = N_{\text{critical}} = 0.0041$$

$$N_1 = 0.0018 + x \times 0.042$$

$$N_1 = N_2 \Rightarrow x = 0.055$$

$$\text{نسبت جرمی مایع} = 1 - x = 0.945$$



۶۳- گزینه «۲»

$$V = \frac{\pi}{6} D^3 = \frac{\pi}{6} \Delta^3 = 65/5 \text{ m}^3$$

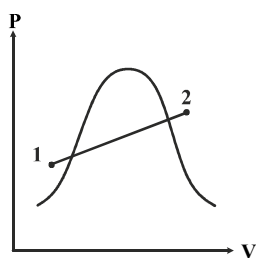
$$m_{\text{He}} = \rho V = \frac{V}{\mu} = \frac{PV}{RT} = \frac{100 \times 65/5}{2/0.77 \times 288} = 10/95$$

وزن بار + وزن بالن = نیروی شناوری

$$\rho_{\text{air}} V g = m_{\text{He}} \times g + m_L \times g, \quad m_{\text{air}} = \rho_{\text{air}} V = \frac{100 \times 65/5}{0/287 \times 288} = 79/25$$

$$79/25 = 10/95 + m_L \Rightarrow m_L = 68/3 \text{ kg}$$

۶۴- گزینه «۳»



$$W_{1-2} = \int P dV = \frac{1}{\gamma} (P_1 + P_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{1.5} (300 + 2000) \left(\frac{0.1}{0.001} - \frac{0.001}{0.001} \right) = 163.35 \text{ kJ}$$

بسیار دقت کنید و دنبال یافتن ثابت فتر نباشید با محاسبه مساحت دوزنقه نمودار PN به راحتی به جواب خواهد رسید.

۶۵- گزینه «۳»

الف -

$$\left. \begin{aligned} \Delta S_H = \Delta S = \frac{Q}{T_{\text{منبع گرم}}} = \frac{-1000}{800} = -1.25 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \\ \Delta S_C = \Delta S = \frac{Q}{T_{\text{منبع سرد}}} = \frac{1000}{500} = 2 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow S_{\text{gen}} = \Delta S_H + \Delta S_C = +2 - 1.25 = 0.75 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

ب -

$$\left. \begin{aligned} \Delta S_H = \frac{-1000}{800} = -1.25 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \\ \Delta S_C = \frac{1000}{750} = 1.33 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow S_{\text{gen}} = 1.33 - 1.25 = 0.08 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

بنابراین فرآیند ب کمتر برگشتناپذیر است.

۶۶- گزینه «۴»

تولید آنتروپی جزء خواص سیستم نمی باشد زیرا به مسیر انجام فرآیند بستگی دارد و همواره مقدار آن در فرآیندهای برگشتناپذیر مثبت است.

۶۷- گزینه «۲»

$$\Delta S = C_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$\Delta S = 1.006 \ln\left(\frac{273 + 60}{273 + 20}\right) - 0.287 \ln\left(\frac{500}{110}\right) = -0.3$$

۶۸- گزینه «۳»

$$V_r = \frac{\partial \phi}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \rightarrow \frac{\partial \psi}{\partial \theta} = r \frac{\partial \phi}{\partial r} = r \left[-U_\infty \cos \theta - \frac{k}{r} \right]$$

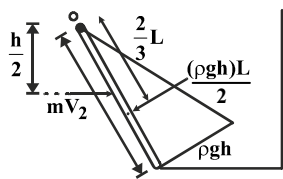
$$\psi = -rU_\infty \sin \theta - k\theta + f(r) \rightarrow V_\theta = -\frac{\partial \psi}{\partial r} = U_\infty \sin \theta - f'(r)$$

$$V_\theta = \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \theta} = +U_\infty \sin \theta = U_\infty \sin \theta - f'(r) \rightarrow f'(r) = 0 \rightarrow f(r) = \text{constant}$$

$$\psi = -rU_\infty \sin \theta - k\theta$$

چون برای ثابت‌های مختلف، ψ ها با هم موازی هستند، می‌توانیم این ثابت را برابر با صفر فرض کنیم.

۶۹- گزینه «۱»



$$L = \frac{h}{\cos \theta} \quad m = \rho AV$$

$$\sum M_o = 0 \rightarrow \frac{\rho ghL}{2} \times \frac{2}{3}L = \rho AV \cdot V \cdot \frac{h}{3}$$

$$\frac{\rho gh^3}{3 \cos^3 \theta} = \rho AV^2 \frac{h}{3} \rightarrow V = \frac{h}{\cos \theta} \sqrt{\frac{rg}{3A}}$$

۷۰- گزینه «۱»

$$\text{در حالت نزدیک شدن: } F_r = -(V_o + u)A\rho(V_o + u) \Rightarrow F = -(V_o + u)^2 A\rho$$

$$\text{در حالت دور شدن: } F_r = -(V_o - u)^2 \rho A$$

$$\frac{F_r}{F_l} = \frac{(V_o - u)^2}{(V_o + u)^2}$$

۷۱- گزینه «۲»

$$\frac{dP}{dz} = -g\rho = -g\left(\frac{P}{RT}\right) = \frac{-gP}{R(T_o + kz)}$$

$$\frac{dP}{dt} = \frac{-g}{R} \left(\frac{dz}{T_o + kz} \right)$$

$$\text{چون } y = T_o + kz \Rightarrow kdz = dy$$

$$\text{Logp} \Big|_{p_o}^p = \frac{-g}{R} \int_{T_o}^y \frac{\frac{1}{k} dy}{y} = \frac{-g}{kR} \log y \Big|_{T_o}^y = \frac{-g}{kR} \log(T_o + kz) \Big|_{z=0}^z$$

$$\frac{p}{p_o} = \left\{ \frac{T_o}{T_o + kz} \right\}^{\frac{g}{Rk}}$$

۷۲- گزینه «۳»

$$F_y = \rho g \left(h \times \pi \left(\frac{h^r}{r} \right) \right) + r \rho g \left(h \times \pi \frac{h^r}{r} \right) - \frac{r}{r} \pi \frac{h^r}{\lambda} \rho g$$

$$F = \rho g \left\{ \left(h^r \frac{\pi}{r} \right) + r h^r \frac{\pi}{r} - \frac{r}{r} \pi \frac{h^r}{\lambda} \right\} = \frac{\pi}{r} \rho g h^r \left(1 + r - \frac{1}{r} \right) = \frac{\lambda}{r} \times \frac{\pi}{r} \rho g h^r = \frac{r \pi}{r} \rho g h^r$$

۷۳- گزینه «۲»

$$h_1 = \frac{\omega^r r_1^r}{r g} \quad (1)$$

$$h_r = H + h_1 = \frac{\omega^r r_r^r}{r g} \quad (2)$$

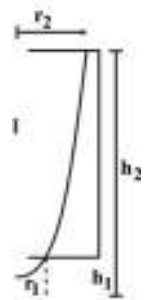
$$r_r^r - r_1^r = \frac{r g H}{\omega^r} \quad I$$

$$\text{volume of air} \text{ حجم هوا} : \frac{\pi}{r} R^r (H - h) = \frac{\pi}{r} (r_r^r h_r - r_1^r h_1)$$

$$h_r r_r^r - h_1 r_1^r = \frac{R^r}{r} (H - h) \quad \frac{\omega^r}{r g} (r_r^r - r_1^r) = \frac{R^r}{r} (H - h)$$

$$r_r^r + r_1^r = \frac{R^r}{r} (H - h) \quad II$$

$$II - I \Rightarrow r r_1^r = \frac{R^r}{r H} (H - h) - \frac{r g H}{r} \Rightarrow A = \pi r_1^r = \frac{\pi R^r}{r H} (H - h) - \frac{\pi g H}{r}$$



۷۴- گزینه «۳»

$$\left. \begin{aligned} r\mu \frac{U}{t} + \mu \frac{U}{rt} &= \frac{F}{A} \\ U \left(\frac{r\mu}{t} + \frac{\mu}{rt} \right) &= \frac{F}{A} \end{aligned} \right\} \rightarrow U = \frac{rtF}{\Delta\mu A}$$

۷۵- گزینه «۱»

$$q = -\frac{kdT}{dx} = -(k_o + aT) \frac{dT}{dx}$$

$$\frac{dq}{dx} = -\frac{d}{dx}[(k_o + aT)] \frac{dT}{dx} = 0 \Rightarrow -(k_o + aT) \frac{d^2T}{dx^2} - a \left(\frac{dT}{dx} \right)^2 = 0$$

$$\frac{d^2T}{dx^2} = \frac{-a}{k_o + aT} \left[\frac{dT}{dx} \right]^2 \Rightarrow \frac{d^2T}{dx^2} < 0$$

۷۶- گزینه «۲»

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$12x^2 + 36y^2 = \frac{r}{\alpha}$$

۷۷- گزینه «۳»

$$\theta = C_1 e^{nx} + C_2 e^{-nx}, \theta(0) = T_1 - T_\infty = \theta_1, \theta(L) = T_2 - T_\infty = \theta_2$$

$$C_1 = \frac{\theta_2 - \theta_1 e^{-nL}}{e^{nL} - e^{-nL}}, C_2 = \theta_1 - C_1$$

$$\theta = \left(\frac{\theta_2 - \theta_1 e^{-nL}}{e^{nL} - e^{-nL}} \right) (e^{nx} - e^{-nx}) + \theta_1 + e^{-nx} = \theta_2 \left(\frac{e^{nx} + e^{-nx}}{e^{nL} - e^{-nL}} \right) + \theta_1 \left[\frac{e^{-nx} (e^{nL} - e^{-nL}) - e^{nL} (e^{nx} - e^{-nx})}{e^{nL} - e^{-nL}} \right]$$

$$= \theta_1 \frac{\sinh n(L-x)}{\sinh nL} + \theta_2 \frac{\sinh nx}{\sinh nL}$$

$$q_r = -k(r\pi rL) \frac{dT}{dr}$$

$$q' = -r\pi k_o r (1 + aT^n) \frac{dT}{dr}$$

$$\frac{q' dr}{r\pi r} = k_o (1 + aT^n) dT \rightarrow \frac{q'}{r\pi} \int_{r_i}^{r_o} \frac{dr}{r} = k_o \int_{T_i}^{T_o} (1 + aT^n) dT$$

$$\frac{q'}{r\pi} \ln \frac{r_o}{r_i} = k_o \left(T + \frac{aT^{n+1}}{n+1} \right) \Big|_{T_i}^{T_o} \rightarrow \frac{q'}{r\pi} \ln \frac{r_o}{r_i} = k_o \left[(T_o - T_i) + \frac{a}{n+1} (T_o^{n+1} - T_i^{n+1}) \right]$$

$$q' = \frac{k_o \left[(T_o - T_i) + \frac{a}{n+1} (T_o^{n+1} - T_i^{n+1}) \right] r\pi}{\ln \left(\frac{r_o}{r_i} \right)}$$

$$R = \frac{\Delta T}{q'} = \frac{(T_o - T_i) \ln \left(\frac{r_o}{r_i} \right)}{k_o \left[(T_o - T_i) + \frac{a}{n+1} (T_o^{n+1} - T_i^{n+1}) \right] r\pi}$$

$$\frac{T_i - T_o}{R_t} = \frac{T_i - T}{R_1}$$

$$\frac{\frac{1}{\frac{0.15}{4\pi(230)}} - \frac{1}{\frac{0.18}{4\pi \times 0.062}}}{\frac{250 - 20}{4\pi \times 0.062} + \frac{1}{30 \times 4\pi \times (0.03)^2}} = \frac{250 - T}{\frac{1}{\frac{0.15}{4\pi \times 230}} - \frac{1}{\frac{0.18}{4\pi \times 230}}} \Rightarrow T = 249/969$$

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$\frac{dq}{dx} = -\left(k \frac{dA}{dx} \frac{dT}{dx} + kA \frac{d^2T}{dx^2} \right) = 0$$

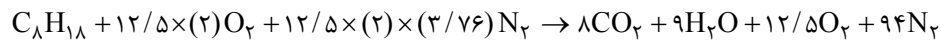
$$\frac{dA}{dx} = -A \frac{d^2T}{dx^2} \quad \text{در ابتدا تقعر به سمت بالا و صعودی}$$

$$\frac{dA}{dx} < 0 \quad \text{پس}$$

$$\frac{dA}{dx} = 0 \quad \text{پس} \quad \frac{d^2T}{dx^2} = 0 \quad \text{در نقطه عطف}$$

$$\frac{dA}{dx} > 0 \quad \text{و در انتها تقعر به سمت پایین و صعودی پس}$$

۸۱- گزینه «۳»

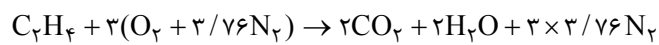


کل کیلو مول‌های محصول = $8 + 9 + 12/5 + 94 = 123/5$

$$\frac{9}{123/5} = 7/29 \text{ : تجزیه مول آب}$$

$$\text{فشار جزیی آب} = 100 \times (0/0729) = 7/29 \text{ kPa}$$

۸۲- گزینه «۲»



۷۰ درصد هوای تئوری: $C_2H_4 + 3 \times 0/7(O_2 + 3/76N_2)$

$$\text{نسبت هوا به سوخت مول} = \frac{2 \times 0/7 \times 4/76}{1} = 6/6$$

۸۳- گزینه «۴»

ترکیبات پایدار دارای آنتالپی تشکیل منفی و ترکیبات ناپایدار دارای آنتالپی تشکیل مثبت می‌باشند.

۸۴- گزینه «۲»

$$\bar{h}_C = h_P - h_R = h_{fCO_2} - h_C - h_{O_2}^0$$

$$\bar{h}_C = \frac{393522}{12} \times \frac{1}{1000} = 32/79 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

۸۵- گزینه «۱»

به طور کلی وقتی یک سیستم منزوی نسبت به محیط اطرافش امکان انجام هیچ کاری را نداشته باشد می‌گوییم آن سیستم در حال تعادل است.

۸۶- گزینه «۳»

معمولاً همراه با اصطلاح ارزش گرمایی از پسوندهای حد بالا و حد پایین استفاده میشود. ارزش گرمایی حد بالا گرمایی است که با فرض وجود آب به صورت مایع در محصولات و ارزش گرمایی حد پایین گرمایی است که با فرض وجود آب به صورت بخار در محصولات از واکنش گرفته می‌شود.

۸۷- گزینه «۱»

$$\delta^* = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{u}{U}\right) dy = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{ye^{+y^2} U}{U}\right) dy = \int_0^{\infty} (1 - ye^{+y^2}) dy \quad (I)$$

$$y^2 = z \rightarrow 2y dy = dz \rightarrow y dy = \frac{1}{2} dz$$

$$(I) \quad y \Big|_0^{\infty} - \int_0^{\infty} \frac{1}{2} e^z dz = (\infty - 0) - \frac{1}{2} (\infty - 1) = \frac{1}{2}$$

۸۸- گزینه «۴»

در صورتی که سرعت جریان ورودی به نازل تنگ‌شونده کمتر از سرعت صوت باشد جریان مادون صوت خواهد شد اما با افزایش سطح مقطع فشار افزایش و سرعت کاهش می‌یابد یعنی $dP > 0$ و $dV < 0$ خواهد شد. بنابراین گزینه ۴ اشتباه می‌باشد.

۸۹- گزینه «۳»

وجود گرادیان فشار معکوس یک شرط لازم و نه یک شرط کافی برای جدایی است به عبارت دیگر می‌توانیم گرادیان فشار معکوس داشته باشیم، اما جدایی نداشته باشیم. جدایی بدون گرادیان فشار معکوس نمی‌تواند رخ دهد.

۹۰- گزینه «۳»

$$P = \frac{\gamma Q H_P}{\mu} = \frac{10^4 \times 200 \times 10^{-3} \times 20}{0.6} = 66.66 \text{ kW}$$

۹۱- گزینه «۳»

چون فشار بالن بیش از فشار هوا بوده و از آنجا که سوراخ مانند یک نازل عمل می‌کند سرعت هوای خروجی برابر سرعت صوت خواهد بود.

۹۲- گزینه «۱»

گرچه دمای سکون در طی موج ضربه‌ای قائم تغییر نمی‌کند ولی کاهش فشار سکون در چنین جریان‌هایی معرف خوبی از اثرات اصطکاک است.

۹۳- گزینه «۱»

ضخامت لایه مرزی به فاصله‌ای از دیواره اطلاق می‌شود که در آن سرعت به 0.99 سرعت جریان آزاد برسد.

$$\frac{U}{U_{\infty}} = 0.99 \rightarrow 0.99 = 1 - \exp\left(-\frac{1}{4} \frac{U_{\infty}}{V_x} \delta\right) \rightarrow \frac{1}{4} \frac{U_{\infty}}{V_x} \delta = \ln \frac{1}{1-0.99} \rightarrow \delta = 4 \frac{V_x}{U_{\infty}} \ln \frac{1}{1-0.99} = -8 \frac{V_x}{U_{\infty}} \ln 0.01$$

۹۴- گزینه «۲»

در چگالش قطره‌ای بخش بزرگی از سطح صفحه مستقیماً در معرض بخار است در این حالت مانع فیلمی در مقابل جریان گرما وجود ندارد و آهنگ انتقال گرما بیشتر است در حقیقت آهنگ انتقال گرما در چگالش قطره‌ای ممکن است ده برابر چگالش فیلمی باشد.

۹۵- گزینه «۱»

عدد گراشف را از نظر فیزیکی می‌توان به عنوان گروه بی‌بعدی تفسیر کرد که نسبت نیروهای شناوری به نیروهای لزجی را در سیستم جریان جابجایی آزاد نشان می‌دهد نقش این عدد مشابه عدد رینولدز در سیستم‌های جابجایی اجباری است و متغیر عمده‌ای است که به عنوان معیار گذار از جریان آرام به آشفتگی استفاده می‌شود.

۹۶- گزینه «۴»

به ازای اعداد گراشف خیلی پایین، جریان‌های خیلی ظریف جابجایی آزاد وجود داشته و انتقال گرما عمدتاً به صورت هدایت در عرض لایه سیال صورت می‌گیرد. با افزایش عدد گراشف ابتدا جریان مجانبی و سپس جریان لایه مرزی آرام و جریان لایه مرزی آشفتگی صورت می‌گیرد.

۹۷- گزینه «۴»

در لوله از عدد رینولدز برای تعیین آرام یا آشفته بودن جریان استفاده می‌شود که مقدار آن 2300 می‌باشد و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Re_D = \frac{\rho U D}{\mu}$$

۹۸- گزینه «۲»

درست مثل تعریف لایه مرزی هیدرودینامیکی به عنوان ناحیه‌ای از جریان که نیروهای لزجی در آنجا احساس می‌شود، لایه مرزی گرمایی را می‌توان به عنوان ناحیه‌ای تعریف کرد که در آنجا گرادیان‌های دما در جریان وجود دارد.

۹۹- گزینه «۲»

معیار کل غالب بودن یا نبودن آثار جابجایی آزاد به صورت $\frac{Gr}{Pr} > 10$ می‌باشد. که در این صورت جابجایی آزاد اهمیت دارد.

۱۰۰- گزینه «۴»

با افزایش اختلاف دمای سطح با سیال ابتدا بخار مایع تشکیل می‌شود و ایجاد تبخیر در میان سطح می‌کند سپس حباب‌ها در مرحله جوشش هسته‌ای ایجاد می‌شوند پس از آن وارد ناحیه فیلم می‌شویم که ابتدا فیلم ناپایدار تشکیل شده و با افزایش اختلاف دما تبدیل به فیلم پایا می‌شود.

۱۰۱ - گزینه «۱»

هوا را گاز کامل فرض می‌کنیم پس:

$$S_2 - S_1 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

نیاز به محاسبه C_p داریم:

$$C_p - C_v = R \Rightarrow C_p = C_v + R = 0/28 + 0/72 = 1$$

چون فرآیند همفشار است پس:

$$S_2 - S_1 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = 1 \times \ln \frac{273 + 127}{273 + 27} = 1 \times \ln \frac{400}{300} = \ln \frac{4}{3}$$

$$\Rightarrow \Delta S = \ln 4/3 = 0/28$$

۱۰۲ - گزینه «۲»

$$\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

فرآیند هم دما است، پس $\ln \frac{T_2}{T_1} = 0$ پس $\Delta S = -R \ln \frac{P_2}{P_1}$ چون افزایش فشار داریم:

$$\ln \frac{P_2}{P_1} > 0 \Rightarrow \Delta S = -R \ln \frac{P_2}{P_1} < 0$$

در نتیجه آنتروپی کاهش می‌یابد.

۱۰۳- گزینه «۴»

در مورد C_p :

$$dh = Tds + pdv \xrightarrow{v=cte} dh = Tds$$

از طرفی $dh = C_p dT$ پس:

$$C_p = T \left(\frac{\partial s}{\partial T} \right)_{v=cte}$$

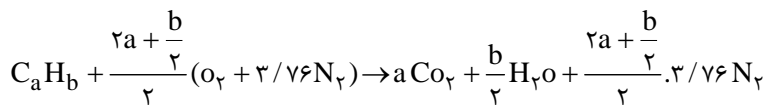
در مورد C_v :

$$du = Tds - vdp \xrightarrow{p=cte} du = Tds$$

از طرفی $du = C_v dT$ پس:

$$C_v = T \left(\frac{\partial s}{\partial T} \right)_{p=cte}$$

۱۰۴- گزینه «۱»



پس نسبت مولی CO_2 به محصولات عبارتست از:

$$\frac{a}{a + \frac{b}{2} + \frac{r_a + \frac{b}{2}}{2} (3/76 + 1/44b)} = \frac{a}{4/76a + 1/44b}$$

با توجه به پارامترهای بدست آمده نسبت مولی CO_2 برابر خواهد بود با:
دانشجو اگر احتراق را با اکسیژن خالص فرض کند، به گزینه ۲ می‌رسد.
اگر دانشجو ضریب N_2 را ۴/۷۶ در نظر بگیرد، به گزینه ۴ می‌رسد.

۱۰۵- گزینه «۴»

با توجه به آدیاباتیک و برگشت پذیر بودن:

$$\dot{w} = \int \dot{V} dp \longrightarrow \dot{V} \Delta p$$

چون آب است

برای محاسبه دبی حجمی:

$$\dot{v} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{6 \frac{kg}{s}}{1000} = 0/006 \frac{m^3}{s}$$

$$\rightarrow \dot{w} = 0/006 \times (450 - 150) kPa = 0/006 \times 300 = 1/8 kw$$

۱۰۶- گزینه «۱»

$$T = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = \frac{2 \times 500 + 3 \times 400}{5} = 440 \text{ K}$$

$$\Delta S_1 = m_1 c_1 \ln \frac{T}{T_1} = 2 \times 0.4 \times \ln \frac{440}{500} = 0.8 \ln 0.88$$

$$\Delta S_2 = m_2 c_2 \ln \frac{T}{T_2} = 3 \times 0.4 \times \ln \frac{440}{400} = 1.2 \ln 1.1$$

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 0.8 \times (-0.13) + 1.2 \times (0.09) = -0.104 + 0.108 = 4 \times 10^{-3}$$

۱۰۷- گزینه «۲»

ابتدا باید توان بازگشت پذیر محاسبه گردد که راندامان، راندمان موتور حرارتی کارنو می باشد.

$$w_{\text{rev}} = \eta_{\text{th,rev}} Q_H$$

$$\eta_{\text{th,rev}} = \left(1 - \frac{T_L}{T_H}\right) = 1 - \frac{300}{1200} = 0.75$$

$$\Rightarrow \dot{w}_{\text{rev}} = 0.75 \times 500 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 375 \text{ kW}$$

از طرفی بازگشت ناپذیری تفاوت بین توان بازگشت پذیر و توان خروجی است:

$$\dot{I} = \dot{w}_{\text{rev}} - \dot{w} = 375 - 180 = 195 \text{ kW}$$

۱۰۸- گزینه «۴»

با برابر قرار دادن عدد رینولدز در مدل و نمونه اصلی داریم:

$$(Re)_m = (Re)_p$$

$$\left(\frac{\rho V L}{\mu}\right)_m = \left(\frac{\rho V L}{\mu}\right)_p$$

چون سیال مورد استفاده در مدل طبیعت هوا را دارد پس ρ و μ در نمونه اصلی برابر خواهد بود. بنابراین:

$$\frac{V_m}{V_p} = \frac{L_p}{L_m} \Rightarrow V_m = 10 \times 10 \Rightarrow V_m = 100 \frac{m}{s}$$

حال برای بدست آوردن نیروی وارده در مدل از برابری عدد اولر در مدل نمونه اصلی استفاده می‌کنیم:

$$(Eul)_m = (Eul)_p \Rightarrow \left(\frac{F}{\rho V^2 L^2}\right)_m = \left(\frac{F}{\rho V^2 L^2}\right)_p$$

$$\Rightarrow F_m = F_p \times \left(\frac{V_m}{V_p}\right)^2 \times \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^2 = 1540 \times \left(\frac{100}{10}\right)^2 \times \left(\frac{1}{10}\right)^2 \Rightarrow F_m = 1540 \text{ N}$$

۱۰۹- گزینه «۲»

توان خروجی مفید توربین از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P = \eta \gamma H Q$$

که در آن η راندمان توربین است.

H = افت مسیر جریان - هد ایجاد شده

و همینطور:

$$\Delta H = 0.1 \times (20)^2 = 40 \text{ m}$$

طبق صورت مسئله:

$$H_{\text{tot}} = 240 - 40 = 200 \text{ m}$$

بنابراین هد توربین برابر است با:

$$P = 0.1 \times 10^4 \times 200 \times 20 = 32000000 \Rightarrow P = 32 \text{ Mw}$$

در نتیجه توان برابر خواهد بود با:

۱۱۰- گزینه «۳»

افت فشار دو سر کلیه لوله موازی یکسان بوده و خواهیم داشت:

$$(H_L)_{\text{tot}} = (H_L)_1 = (H_L)_2 = \dots$$

$$(H_L)_1 = (H_L)_2$$

در نتیجه برای مسئله فوق داریم:

9

$$H_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = \frac{f L Q^2}{\pi^2 g D^5}$$

در نتیجه خواهیم داشت:

f در فرمول بالا همان λ صورت مسئله فوق است.

$$\frac{\lambda \lambda_1 L_1 Q_1^2}{g \pi^2 D_1^5} = \frac{\lambda \lambda_2 L_2 Q_2^2}{g \pi^2 D_2^5} \Rightarrow \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 = \frac{\lambda_2 L_2 D_1^5}{\lambda_1 L_1 D_2^5} \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{\lambda_2 L_2 D_1^5}{\lambda_1 L_1 D_2^5}}$$

۱۱۱- گزینه «۱»

از تعادل نیروها داریم:

$$F_f = \tau \pi D L \quad \text{نیروی اصطکاک}$$

$$\sum F = 0 \Rightarrow \Delta P \cdot \frac{\pi D^2}{4} = \tau \pi D L \quad (1)$$

$$H_L = \frac{\Delta P}{\gamma} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \Rightarrow \Delta P = \gamma f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

از رابطه (۱) خواهیم داشت:

$$F_f = \tau \pi D L = \gamma f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \times \frac{\pi D^2}{4} = f \rho g \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\Rightarrow F_f = \tau \pi D L = \frac{1}{8} \rho V^2 \pi D L f$$

$$\Rightarrow F_f = \frac{1}{8} \times 1000 \times 1^2 \times \pi \times 0.1 \times 10 \times 0.02 \Rightarrow F = 5.02/65 \text{ N}$$

۱۱۲- گزینه «۲»

می‌دانیم که معیار انتقال جریان آرام به درهم در یک لوله عدد رینولدز است و عدد رینولدز بحرانی که برابر ۲۳۰۰ می‌باشد معرف انتقال از جریان آرام به جریان درهم است، لذا:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{2/5 \times 0.35}{5 \times 10^{-4}} \Rightarrow Re = 1750 < (Re)_{crit} = 2300$$

چون عدد رینولدز بدست آمده فوق از عدد رینولدز بحرانی کوچکتر است بنابراین می‌توان گفت که در ناحیه جریان آرام (Laminar flow) قرار داریم. در ناحیه آرام جریان رابطه ساده‌ای بین ضریب اصطکاک (f) و عدد رینولدز (Re) وجود دارد که مستقل از زبری سطح است که بدین صورت

$$f = \frac{64}{Re}$$

است:

$$f = \frac{64}{1750} = 0.03657$$

بنابراین:

$$H_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.03657 \times \frac{100}{0.35} \times \frac{2/5^2}{2 \times 9.81} \Rightarrow H_L = 3/33m$$

۱۱۳ - گزینه «۴»

در لوله‌های سری (متوالی) دبی‌ها یکسان بوده و افت فشار کل از مجموع افت فشارهای بخش‌های مختلف بدست می‌آید:

$$Q = Q_1 = Q_2 = \dots, \quad (H_L)_{tot} = (H_L)_1 + (H_L)_2 + \dots$$

$$VA = V_1 A_1 = V_2 A_2, \quad A = A_1 = A_2 \Rightarrow V = V_1 = V_2$$

از رابطه افت فشار فوق داریم:

$$(H_L)_{eq} = (H_L)_1 + (H_L)_2$$

$$f_1 \frac{L_{eq} \times V^2}{D \cdot 2g} = f_1 \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + f_2 \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \Rightarrow f_1 L_{eq} = (f_1 + f_2)L \Rightarrow L_{eq} = \frac{L(f_1 + f_2)}{f_1}$$

۱۱۴- گزینه «۳»

طبق تعریف می‌توان نقطه جدایی را به عنوان نقطه‌ای در مرز که در آن شرط $(\frac{\partial u}{\partial y})|_{y=0} = 0$ برقرار است در نظر گرفت که در نتیجه تنش برشی

در جداره $\tau_w = \mu \frac{\partial u}{\partial y}|_{y=0}$ نیز صفر می‌باشد.

$$\frac{u}{U} = -\frac{y}{\delta} + \left(\frac{y}{\delta}\right)^2$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = U\left(-\frac{1}{\delta} + \frac{2y}{\delta^2}\right)$$

$$\tau_w = \mu \frac{\partial u}{\partial y}|_{y=0} = \mu \left[U\left(-\frac{1}{\delta} + \frac{2y}{\delta^2}\right)\right]_{y=0}$$

از تعریف تنش برشی داریم:

$$\Rightarrow \tau_w = \mu U \left(-\frac{1}{\delta}\right) < 0$$

چون تنش برشی در جداره منفی است، بنابراین جدایش در لایه مرزی رخ داده است.

۱۱۵- گزینه «۳»

در روش ظرفیت گرمایی فشرده دمای جسم در هر لحظه از فرآیند ناپایا از لحاظ مکانی یکنواخت است یعنی دمای جسم با زمان تغییر می‌کند ولی در کل جسم در هر زمانی یکنواخت می‌ماند.

البته باید توجه داشت که در هر حالتی نمی‌توان از روش ظرفیت گرمایی فشرده استفاده کرد و معیاری برای استفاده از این روش وجود دارد که این معیار با عدد بی بعد بیو حاصل می‌شود:

$$Bi = \frac{hL_c}{k}, \quad L_c = \frac{V}{A}$$

در حالت کلی روش ظرفیت گرمایی فشرده زمانی قابل استفاده که $Bi \ll 0.1$

بنابراین در کل می‌توان نتیجه گرفت که اگر $Bi \ll 1$ آنگاه $T(x, t) \approx T(t)$ است.

با اعمال موازنه انرژی برای گلوله فلزی مسئله مربوط می‌توان توزیع‌ها را برای روش ظرفیت گرمایی فشرده به دست آورد:

T_i ها در لحظه $t = 0$.

$$-hA(T - T_\infty) = \rho CVP \frac{dT}{dt} \rightarrow \frac{T(t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = \frac{\rho VCP}{hA}, \quad \frac{V}{A} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{4\pi r^2} = \frac{r}{3} \Rightarrow \tau = \frac{\rho CPr}{3h}$$

بنابراین هر چه شعاع، ظرفیت گرمایی و چگالی در نتیجه جرم گلوله کمتر باشد و ضریب انتقال سیال مجاور بیشتر باشد زمان گرم شدن کمتر می‌شود.

هنگامیکه یک سیال روی صفحه حرکت می‌کند، لایه سیال در تماس با سطح جامد حرکت ندارد یعنی یک لایه نازک سیال در روی صفحه با سرعت صفر می‌شود و در نتیجه انتقال گرما در این قسمت فقط توسط هدایت صورت می‌گیرد:

$$-K_f \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = h_x (T_s - T_\infty) \rightarrow \frac{-\partial T}{\partial y} \Big|_{(T_s - T_\infty)} = \frac{h_x}{K_f}$$

$K_f =$ ضریب هدایت

$$\rightarrow \left[\frac{\gamma}{\gamma} \left(\frac{1}{\delta} \right) - \frac{y}{\delta^2} \right]_{y=0} = \frac{h_x}{k_f} \Rightarrow \frac{h_x}{k_f} = \frac{\gamma}{\gamma} \frac{1}{\delta} \quad h_x \text{ ضریب جابه‌جایی موضعی}$$

$$Nu_x = \frac{h_x \cdot x}{k_f} = \frac{\gamma}{\gamma} \frac{x}{\delta} = \frac{\gamma}{\gamma} \times \frac{1}{\delta} \times Re_x^{\frac{1}{\gamma}} \cdot Pr^{\frac{1}{\gamma}} = \frac{1}{\gamma} Re_x^{\frac{1}{\gamma}} Pr^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$\overline{Nu} = \frac{\bar{h}L}{K} \quad , \quad \bar{h} = \frac{1}{L} \int_0^L h_x dx \Rightarrow \bar{h} = \gamma h_x \quad , \quad \overline{Nu} = \gamma Nu_x$$

$$\Rightarrow \overline{Nu} = \frac{1}{\gamma} Re_x^{\frac{1}{\gamma}} \cdot Pr^{\frac{1}{\gamma}} = \frac{1}{\gamma} \times \sqrt{\frac{U \cdot L}{\nu}} \cdot Pr^{\frac{1}{\gamma}} = \frac{1}{\gamma} \sqrt{\frac{0.5 \times 0.5}{25 \times 10^{-6}}} \times \sqrt[3]{0.7} \Rightarrow \overline{Nu} = \frac{0.6 \times 0.5}{5 \times 10^{-3}} \sqrt[3]{0.7} = 6.0 \sqrt[3]{0.7}$$

۱۱۷- گزینه «۳»

هنگامیکه یک سیال روی صفحه حرکت می‌کند، لایه سیال در تماس با سطح جامد حرکت ندارد یعنی یک لایه نازک سیال در روی صفحه با سرعت صفر فرض می‌شود و در نتیجه انتقال گرما در این قسمت فقط توسط هدایت صورت می‌گیرد.

$$q_{\text{conv}} = q_{\text{cond}} = -K_f \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = h(T_w - T_\infty)$$

در این مسئله T_w و T_∞ هر دو ثابت می‌باشند، در نتیجه:

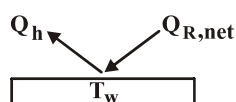
$$h = -\frac{K_f \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0}}{T_w - T_\infty} \Rightarrow h = \alpha \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0}$$

یعنی تغییرات ضریب جابجایی متناسب با تغییر شیب‌ها روی صفحه در جهت عمود است.

$$\text{در جریان آرام} \quad Nu \propto \sqrt{L} \Leftarrow Nu = 0.332 Re^{\frac{1}{2}} Pr^{\frac{1}{3}}, \quad h = \frac{Nu \cdot K_f}{L}$$

بنابراین $h \propto \frac{1}{\sqrt{L}}$ بنابراین با افزایش x و جلوتر رفتن در صفحه h کاهش می‌یابد. بنابراین چون ضریب جابجایی با شیب‌هایی در صفحه در جهت عمود متناسب است پس با کاهش ضریب جابجایی در طول صفحه شیب دمایی در صفحه در جهت عمود کاهش می‌یابد.

۱۱۸- گزینه «۴»



در این مسئله می‌خواهیم T_{water} برابر صفر درجه سانتیگراد باشد. $T_{\text{water}} = 0^\circ\text{C} = 273\text{K} \Leftarrow$
برای این مسئله باید موازنه انرژی را بنویسیم:

$$E_{\text{in}} = E_{\text{out}} \quad \otimes$$

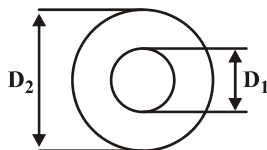
$$E_{\text{in}} = hA(T_\infty - T_w), \quad E_{\text{out}} = \varepsilon \sigma A(T_w^f - T_{\text{surr}}^f) \rightarrow \varepsilon = 1$$

این ε ، ε جسم (یعنی آب یخ زده) می‌باشد.

$$\otimes \Rightarrow hA(T_\infty - T_w) = \sigma A(T_w^f - T_{\text{surr}}^f) \Rightarrow h(15^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 5/67 \times 10^{-8} \times (273^4 - 50^4)$$

$$\Rightarrow h = 20/97 \approx 21 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

گاهی اوقات برای محاسبه‌ی انتقال حرارت و عدد رینولدز باید از قطر معادل استفاده کنیم:



$$De = \frac{4A}{P} \quad \text{قطر معادل برابر است با}$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) \quad \text{مساحت میانی بین دو لوله}$$

$$P = \pi(D_1 + D_2) \quad \text{مجموعه‌ی محیط تر شده که برابر است با}$$

بنابراین،

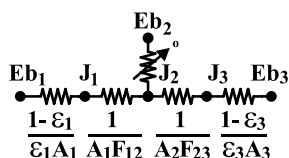
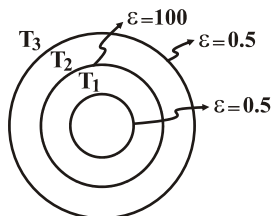
$$De = \frac{\cancel{\pi} (D_2^2 - D_1^2)}{\cancel{\pi} (D_1 + D_2)} = \frac{(D_2 - D_1)(D_2 + D_1)}{\cancel{D_1 + D_2}} = D_2 - D_1$$

$$D_2 = 4 \text{ cm}, \quad D_1 = 1/5 \text{ cm}$$

$$De = 4 - 1/5 = 3/5 \text{ cm}$$

برای حل این مسئله باید از مدارالکتریکی استفاده کنیم:

به دلیل اینکه $\epsilon_2 = 1$ است بنابراین مقاومتی بین J_2 و E_{b2} وجود ندارد و J_2 همان E_{b2} است.



$$q_{13} = \frac{E_{b1} - E_{b3}}{\frac{1-\epsilon_1}{\epsilon_1 A_1} + \frac{1}{A_1 F_{12}} + \frac{1}{A_2 F_{23}} + \frac{1-\epsilon_3}{\epsilon_3 A_3}} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_3^4)}{\frac{1-\cancel{\epsilon_1}}{\cancel{\epsilon_1} \times \cancel{\pi r_1^2}} + \frac{1}{(\epsilon \pi r^2) \cdot 1} + \frac{1}{(\epsilon \times 2 \pi r^2)} + \frac{1-\cancel{\epsilon_3}}{\cancel{\epsilon_3} \times (\epsilon \times 2 \pi r^2)}}$$

$$q_{13} = \frac{\epsilon \pi r^2 \sigma (T_1^4 - T_3^4)}{2 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = \frac{\epsilon \pi r^2 \sigma (T_1^4 - T_3^4)}{2 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = \frac{2 \epsilon \sigma r^2 (16 T_1^4 - T_3^4)}{17} = \frac{2 \epsilon \times 15 \sigma r^2 (T_1^4)}{17} = \frac{3 \epsilon \cdot \sigma r^2 T_1^4}{17}$$

۱۲۱- گزینه «۲»

اصطلاح «فشار مؤثر متوسط» (mep) که در موتورهای رفت و برگشتی به کار می‌رود، بیان فشاری است که اگر در خلال مرحله تولید قدرت بر روی پیستون اعمال شود همان اندازه کار انجام خواهد داد که در موتورهای واقعی روی پیستون انجام می‌گیرد.

۱۲۲- گزینه «۴»

در نازل واگرا اگر سرعت در مقطع ورودی برابر سرعت صوت باشد سرعت جریان خروجی ممکن است برابر یا بیشتر از سرعت صوت باشد و یا در اثر ایجاد شوک به مقادیر کمتر از سرعت صوت برسد.

۱۲۳- گزینه «۲»

$$P_m = \sqrt{P_1 P_2} = \sqrt{200 \times 800} = \sqrt{160000} = 400 \text{ kPa}$$

۱۲۴- گزینه «۳»

$$\sum (\dot{m}_i (h_i + \frac{V_i^2}{2})) = \sum \dot{m}_e (h_e) + \dot{m}_e \frac{V_e^2}{2} \rightarrow \dot{m}_i (h_i + \frac{V_i^2}{2}) = \dot{m}_e h_e$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_i &= \dot{m}_e \\ h &= C_p T \end{aligned}$$

و پیوستگی گاز ایده‌آل

$$C_p T_i + \frac{V_i^2}{2} = C_p T_e \rightarrow T_i = T_e - \frac{V_i^2}{2 C_p} = 400 - \frac{200^2}{2 \times 1 \times 1000}$$

$$T_i = 400 - 20 = 380 \text{ K}$$

۱۲۵- گزینه «۴»

$$\text{انرژی حرارتی سوخت بر واحد زمان} = 10 \times 10^{-3} \times 30000 = 300 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{100}{300} = \%33.3$$

۱۲۶- گزینه «۳»

چرخه برایتون استاندارد - هوا چرخه ایده‌آل و ساده توربین گازی است.

۱۲۷- گزینه «۳»

$$h_i + \frac{V_i^2}{2} = h_e + \frac{V_e^2}{2} + w \rightarrow w = 3051/2 + \frac{50^2}{2 \times 1000} - 2655 - \frac{200^2}{2 \times 1000} = 377/5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

۱۲۸- گزینه «۲»

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0 \rightarrow \lambda x + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial y} = -\lambda x \rightarrow V_y = -\lambda xy + f(x) \rightarrow \text{که تنها گزینه ۲ به این صورت می باشد.}$$

۱۲۹- گزینه «۱»

$$\tau_{xy} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) = \mu (x^2 + y^2 - x^2) = \mu y^2$$

۱۳۰- گزینه «۳»

$$Q_{AB} = |\psi_B - \psi_A| = |0 - 4| = 4$$

$$A = \sqrt{\lambda}$$

$$Q = \bar{V}A \rightarrow \bar{V} = \frac{4}{\sqrt{\lambda}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

۱۳۱- گزینه «۴»

در جریان غیر چرخشی $\nabla^2 \phi = 0$ و $\nabla^2 \psi = 0$ که اپراتور ∇^2 را لاپلاسین گویند که حل های معادله لاپلاس به نام توابع هارمونیک شناخته می شوند.

۱۳۲- گزینه «۲»

$$\vec{\nabla} \times \vec{V} = r B \hat{k} \quad , \quad \Gamma = \int (\vec{\nabla} \times \vec{V}) \cdot d\vec{A} = \int \nabla V \cdot d\vec{A} = r B \int dA = r B(A) = r B \times r = r^2 B$$

۱۳۳- گزینه «۳»

$$A = yb \rightarrow b = \frac{A}{y} \Rightarrow P = ry + \frac{A}{y}$$

$$P = ry + b$$

$$A = kP^{\frac{r}{\Delta}} \leftarrow \text{کمترین مساحت مقطع هیدرولیکی}$$

$$P = ry + \frac{kP^{\frac{r}{\Delta}}}{y} \rightarrow \frac{dP}{dy} = r + \frac{k}{y} \times \frac{r}{\Delta} P^{-\frac{r}{\Delta}} \frac{dP}{dy} + kP^{\frac{r}{\Delta}} (-1) \times \frac{1}{y^2} \rightarrow r - yP^{\frac{r}{\Delta}} \frac{1}{y^2} = 0 \rightarrow r = k \left(\frac{yb}{k} \right) \left(\frac{1}{y^2} \right) \rightarrow y = \frac{b}{r}$$

۱۳۴- گزینه «۳»

$$E_{sp} = \frac{V^2}{2g} + y \quad \text{انرژی مخصوص}$$

$$q = Vy \rightarrow E_{sp} = \frac{q^2}{2y^2g} + y$$

$$\frac{\partial E_{sp}}{\partial y} = 0 \rightarrow \frac{q^2}{gy_{cr}^2} + 1 = 0 \rightarrow y_{cr} = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

۱۳۵- گزینه «۱»

$$\dot{m}C\Delta T = UA\Delta T \quad \text{کل}$$

$$2000 \times 20 = 1000 \times A \times 40 \rightarrow A = 10$$

۱۳۶- گزینه «۳»

$$F_{11} + F_{12} + F_{13} = 1 \rightarrow F_{12} = 1 - 0/2 = 0/2$$

$$A_1 F_{12} = A_2 F_{21} \rightarrow \frac{\pi}{4} D^2 \times 0/2 = \pi D L \times F_{21} \quad , \quad L = 2D \rightarrow F_{21} = 0/1$$

۱۳۷- گزینه «۳»

هنگام تغییر فاز دما ثابت است. چون فرآیند جوشش است. پس سیال گرما می‌گیرد و دمای سیال دیگر کاهش می‌یابد. پس گزینه ۳ صحیح است.

۱۳۸- گزینه «۴»

$$F_{\gamma} = \frac{A}{\pi r^2} = \frac{a}{\pi \times (ra)^2} = \frac{1}{4\pi a}$$

۱۳۹- گزینه «۲»

با نصف کردن تعداد لوله‌ها با توجه به رابطه $\dot{m} = \rho V A n$ سرعت جریان در لوله‌ها دو برابر می‌شود و چون سطح تبادل حرارت ثابت مانده است با دو برابر شدن سرعت، انتقال حرارت نیز افزایش می‌یابد.

۱۴۰- گزینه «۱»

$$\lambda_{\max} T = 2897/6 \quad , \quad T = 273 + 100 = 373 \text{ K} \rightarrow \lambda_{\max} \times 373 = 2897/6 \rightarrow \lambda_{\max} = 7/76 \mu\text{m}$$

۱۴۱- گزینه «۴»

آنتروپی تابع نقطه‌ای بوده و مسیر هیچ تأثیری بر مقادیر اولیه و نهایی آن نخواهد گذاشت بنابراین $\Delta S_I = \Delta S_{II}$ و گزینه‌های ۲ و ۳ اشتباه می‌باشند. با توجه به رابطه داریم:

$$\text{I فرآیند : } S_2 - S_1 = \frac{1}{T} \int_1^2 \delta Q_I$$

$$\text{II فرآیند : } S_2 - S_1 \geq \frac{1}{T} \int_1^2 \delta Q_{II}$$

با مقایسه دو رابطه متوجه می‌شویم:

$$\int_1^2 \delta Q_I > \int_1^2 \delta Q_{II} \Rightarrow Q_I > Q_{II}$$

۱۴۲ - گزینه «۳»

$$\Delta S_{\text{sys}} = S_2 - S_1 = 0/36 - 0/47 = -0/11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

$$q_{\text{sys}} = \Delta h \equiv C_p (T_2 - T_1) = (4/186)(25 - 33/6) = -36 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Delta S_{\text{surr}} = \frac{-q_{\text{sys}}}{T_o} = \frac{36}{298} = 0/12 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

$$\Delta S_{\text{net}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} = -0/11 + 0/12 = 0/01 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

$$\frac{I}{m} = T \cdot \Delta S_{\text{net}} = (298)(0/01) = 2/98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

۱۴۳ - گزینه «۲»

$$\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad , \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

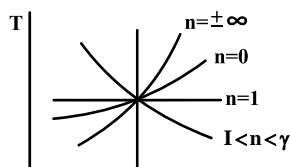
$$\Rightarrow \Delta S = S_2 - S_1 = C_p (n-1) \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) - R \ln \frac{P_2}{P_1} = [C_p (n-1) R] \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$C_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \Rightarrow \Delta S = \left[\frac{n\gamma R - \gamma R - n\gamma R + nR}{(\gamma - 1)n} \right] \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = R \left[\frac{n - \gamma}{(\gamma - 1)n} \right] \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

چون فشار افزایش یافته است، $\frac{P_2}{P_1} > 1$ و در نتیجه $\ln \frac{P_2}{P_1} > 0$ و علامت ΔS به علامت $\frac{n - \gamma}{(\gamma - 1)n}$ بستگی دارد. چون $\gamma - 1 > 0$ است، بنابراین

اگر $n > \gamma$ باشد ΔS مثبت و اگر $n < \gamma$ باشد ΔS منفی است.

روش تستی: طبق نمودار T-S داریم:

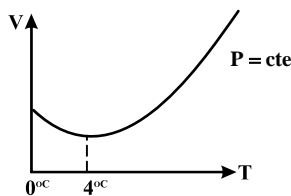


$$\text{چون } P \text{ افزایش} \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

۱۴۴- گزینه «۳»

فرض کنید فشار آب مایع را که ابتدا به صورت اشباع است، افزایش دهیم و دمای آن را ثابت نگه داریم. متغیر آنتروپی در این فرآیند با توجه به رابطه ماکسول به صورت زیر است:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P$$



لذا علامت تغییر آنتروپی به علامت جمله $\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P$ بستگی دارد. وقتی آب با فشار متوسط و دمای 0°C در فرآیند فشار ثابت گرم می‌شود. حجم مخصوص تا دمای 4°C ، متناظر با چگالی ماکزیمم، کاهش و سپس افزایش می‌یابد، این موضوع در نمودار $V-T$ نشان داده شده است. لذا کمیت $\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P$ شیب منحنی در شکل است. چون این شیب در 0°C منفی است، کمیت $\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_T$ در 0°C مثبت است. بنابراین در 0°C آنتروپی مایع متراکم بیشتر از آنتروپی مایع اشباع است ولی در مابقی دماها آنتروپی مایع اشباع بیشتر از آنتروپی مایع متراکم است.

۱۴۵- گزینه «۲»

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P = -\frac{v}{\alpha} \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P = -v\alpha_p$$

$$dS_T = -v\alpha_p dP_T$$

$$S_2 - S_1 = -v\alpha_p (P_2 - P_1)_T = -0.000114 \times 5 \times 10^{-5} (100 - 0/1) \times 10^6 = -0.5694 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}}$$

$$S_2 - S_1 = m(S_2 - S_1) = 2 \times -0.5694 = -1.1388 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

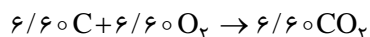
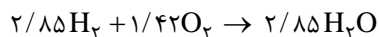
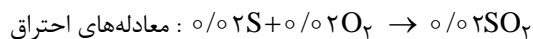
۱۴۶- گزینه «۱»

$$\text{kmol S} = \frac{0/6}{32} = 0/02$$

ترکیب مولی برای ۱۰۰ کیلوگرم سوخت عبارتست از:

$$\text{kmol H}_2 = \frac{5/7}{2} = 2/85, \quad \text{kmol C} = \frac{79/2}{12} = 6/60, \quad \text{kmol O}_2 = \frac{10}{32} = 0/31$$

$$\text{kmol N}_2\text{S} = \frac{1/5}{28} = 0/05$$



۱۰۰ کیلوگرم سوخت / کیلو مول O_2 مورد نیاز: ۸/۰۴

۱۰۰ کیلوگرم سوخت / کیلو مول O_2 در سوخت: ۰/۳۱

۱۰۰ کیلوگرم سوخت / کیلو مول O_2 مورد نیاز در هوا: ۷/۷۳

کیلوگرم سوخت / کیلوگرم هوا $10 = 7/73 \times 1/3$: نسبت مولی

۱۴۷- گزینه «۳»

گزینه ۱ عبارت $\frac{Q^r \rho}{\mu^\Delta}$ بی بعد نیست.

گزینه ۲ همه عبارات بی بعد هستند اما از D در گروه های بی بعد استفاده نشده است.

گزینه ۳ همه عبارات بی بعد هستند و از همه متغیرها استفاده شده است.

گزینه ۴ عبارت $\frac{\mu^\Delta}{Q^r \rho^\Delta}$ بی بعد نیست.

۱۴۸- گزینه «۴»

$$(\text{Fr})_m, (\text{Fr})_p \Rightarrow \frac{V_m^r}{g_m L_m} = \frac{V_p^r}{g_p L_p} \Rightarrow V_p = V_m \sqrt{\frac{L_p}{L_m}} = 3\sqrt{16} = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F \propto \rho V^r L^r \Rightarrow \frac{F_p}{F_m} = \frac{\rho_p V_p^r L_p^r}{\rho_m V_m^r L_m^r}$$

$$F_p = F_m \times \frac{\rho_p}{\rho_m} \times \frac{V_p^r}{V_m^r} \times \left(\frac{L_p}{L_m}\right)^r = 16 \times 1 - \left(\frac{12}{3}\right)^r \times 16^r = 65536 \text{ N}$$

۱۴۹- گزینه «۳»

$$Q = \int_0^a u dy = \int_0^a -\frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} (ay - y^2) dy = \frac{a^2}{2\mu} \frac{dp}{dx}$$

$$\text{سرعت متوسط } V = \frac{Q}{A} = \frac{a^2}{2\mu} \frac{dp}{dx}$$

$$\frac{u}{V} = -\frac{6}{a^2} (y^2 - ay)$$

$$\alpha = \frac{1}{A} \int_0^a \left(\frac{u}{V}\right)^2 dy = \frac{36}{a^4} \int_0^a (ay - y^2)^2 dy = \frac{36}{a^4} \left[\frac{1}{3} a^3 y - \frac{2}{5} a^2 y^2 + \frac{1}{7} a y^3 - \frac{2}{9} y^4 \right]_0^a = 1/543$$

$$\beta = \frac{1}{A} \int_0^a \left(\frac{u}{V}\right)^3 dy = \frac{36}{a^6} \int_0^a (ay - y^2)^3 dy = \frac{36}{a^6} \left[\frac{1}{4} a^4 y - \frac{3}{5} a^3 y^2 + \frac{1}{6} a^2 y^3 - \frac{1}{8} y^4 \right]_0^a = \frac{36}{30} = 1/2$$

۱۵۰- گزینه «۱»

رابطه سرعت مطابق رابطه مقابل می باشد که A در آن ثابت $\mu \frac{du}{dy} = y \frac{d}{dx} (P + \gamma h) + A$ است.

از تغییرات فشار صرف نظر می کنیم. $\frac{d}{dx} (P, \gamma h) = -\gamma \sin \theta$: بنابراین $\frac{dh}{dx} = -\sin \theta$, $\frac{dP}{dx} = 0$

$$\Rightarrow \mu \frac{du}{dy} = -\gamma y \sin \theta + A \Rightarrow u = \frac{-\gamma y^2 \sin \theta}{2\mu} + \frac{A}{\mu} y + \beta$$

ثابت های A و B با توجه به شرایط مرزی به دست می آیند.

$$\begin{cases} y=0, & u=0 \\ y=b, & \frac{\partial u}{\partial y}=0 \end{cases} \quad (\text{تنش برشی در سطح آزاد برابر صفر است})$$

$$\Rightarrow B=0, \quad A = \gamma b \sin \theta \quad u = \frac{\gamma}{\mu} \left(by - \frac{y^2}{2} \right) \sin \theta$$

۱۵۱- گزینه «۴»

معادله انرژی را بین نقطه ۱ در سطح آب و نقطه ۲ در ورودی لوله می‌نویسیم:

$$\frac{P_o}{\gamma} + \frac{V_o^2}{2g} + z_o = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = z$$

صرف نظر می‌کنیم $\frac{V_o^2}{2g} = 0$, $z_o = 0$, $V_o = 0$, $P_o = 0$

$$P = \frac{P}{\gamma} \Rightarrow P = \gamma \times 10000 = 40000 \text{ Pa}$$

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{40000}{4} = 10000 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{3 \times 10^{-6}}{\pi \times \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{4}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta P = \frac{128 \mu L Q}{\pi D^4} \Rightarrow \mu = \frac{\Delta P \pi D^4}{128 L Q} = \frac{10^4 \times 3 \times (2 \times 10^{-3})^4}{128 \times 40 \times 3 \times 10^{-6}} = 3/125 \times 10^{-5} \frac{\text{N.s}}{\text{m}^2}$$

۱۵۲- گزینه «۳»

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.15}{\pi \times \frac{(0.5)^2}{4}} = 0.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$R_e = \frac{VD}{\nu} = \frac{0.8 \times 0.5}{2/5 \times 10^{-6}} = 16 \times 10^4$$

$$F = \frac{\nu}{R_e} = 0.1$$

$$\Rightarrow h_f : F \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.1 \times \frac{1000 \times 0.8^2}{0.5 \times 2 \times 10} = 6/4$$

$$P = \gamma h_F Q = 8600 \times 6/4 \times 0.15 = 8256 \text{ W} = 8/256 \text{ kW}$$

۱۵۳- گزینه «۲»

وقتی می‌توان از اثرات تراکم‌پذیری صرف‌نظر کرد که $M < 0.3$ باشد.

$$M_1 = \frac{51}{340} = 0.15$$

$$M_r = 0.3 = \frac{V_e}{340} \Rightarrow V_e = 102 \frac{m}{s}$$

$$\frac{V_e}{V_o} = \left(\frac{D_o}{D_e}\right)^2 \Rightarrow \sqrt{\frac{102}{51}} = \frac{D_o}{D_e} = \sqrt{2} \Rightarrow \frac{D_e}{D} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

۱۵۴- گزینه «۲»

$$\tau = \frac{\rho V C_p}{hA} \quad \text{ثابت زمانی}$$

چون ۲ وجه مکعب عایق شده است، A در رابطه بالا $\frac{4}{6}$ برابر و ثابت زمانی $\frac{3}{4}$ برابر می‌شود.

۱۵۵- گزینه «۳»

$$NU_D = 0.023 Re_D^{\frac{4}{5}} Pr^n$$

در جریان در هم داخل لوله:

برای گرمایش $n = 0.4$ ، برای سرمایش $n = 0.3$

بنابراین عدد NU با $D^{\frac{4}{5}}$ رابطه مستقیم دارد.

$$\frac{NU_r}{NU_1} = \left(\frac{D_r}{D_1}\right)^{\frac{4}{5}} = 2^{\frac{4}{5}} = 1.7$$

۱۵۶- گزینه «۱»

$$-K_a \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = h_x (T_s - T_\infty) \Rightarrow h_x = \frac{-K \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0}}{T_s - T_\infty}$$

$$\frac{T - T_s}{T_\infty - T_s} = 1 - \exp\left\{-\text{Pr} \frac{U_\infty y x}{\nu}\right\}$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = (T_\infty - T_s) \frac{\text{Pr} U_\infty x}{\nu} \Rightarrow h(T_s - T_\infty) = K_a (T_s - T_\infty) \frac{\text{Pr} U_\infty x}{\nu} \Rightarrow h = K_a \frac{\text{Pr} U_\infty x}{\nu}$$

۱۵۷- گزینه «۲»

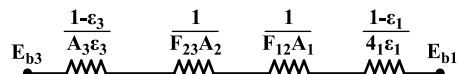
ضریب جابجایی آزاد برای صفحه قائم بیشتر از صفحه مایل و برای صفحه مایل بیشتر از صفحه افقی است. بنابراین با افزایش زاویه θ ، ضریب جابجایی آزاد کاهش یافته و صفحه دیرتر سرد می‌شود.

۱۵۸- گزینه «۳»

زبری سطح سبب افزایش شار گرما در ناحیه جوشش هسته‌ای شده و در جوشش فیلمی تأثیر چندانی ندارد.

۱۵۹- گزینه «۲»

$$q = \frac{E_{b1} - E_{b3}}{\frac{1-\varepsilon_3}{A_3 \varepsilon_3} + \frac{1}{F_{23} A_2} + \frac{1}{F_{12} A_1} + \frac{1-\varepsilon_1}{\varepsilon_1 A_1}}$$



$$E_{b3} = \sigma T_1^f, \quad E_{b1} = (\varepsilon T_1)^f = 16 \sigma T_1^f$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = 0.5, \quad A_1 = 6a^2, \quad A_2 = 12a^2, \quad A_3 = 18a^2, \quad F_{12} = F_{23} = 1$$

$$q = \frac{540}{17} \sigma a^2 T_1^f \quad \text{با جایگذاری مقادیر فوق}$$

۱۶۰- گزینه «۳»

اگر محیط را جسم ۳ در نظر بگیریم:

$$F_{11} + F_{12} + F_{13} = 1 \quad , \quad F_{11} = 0 \quad , \quad F_{12} + F_{13} = 1$$

$$A_1 F_{12} = A_2 F_{21} \quad , \quad A_2 \gg A_1 \Rightarrow F_{21} = \frac{A_1}{A_2} F_{12} = 0 \times F_{12} = 0$$

۱۶۱- گزینه «۲»

راندمان حرارتی این موتورها چون کارنو هستند به فرم زیر است:

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

که T_L دمای منبع سرد و T_H دمای منبع گرم است.
در مورد موتور اولی :

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

در مورد موتور دومی:

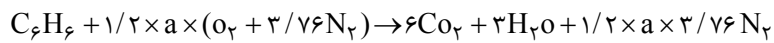
$$\eta_2 = 1 - \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = 1 - \eta_2 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{1 - \eta_2}$$

که $\frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta_1$ پس:

$$1 - \eta_1 = \frac{1}{1 - \eta_2} \Rightarrow -\eta_1 \eta_2 + \eta_1 + \eta_2 = 1$$

۱۶۲- گزینه «۴»

احتراق با ۲۰٪ هوای اضافی به این معنی است که در محاسبه مول‌های واکنش دهنده‌ها در مورد هوا این مول در عدد ۱/۲ ضرب شود.



برای محاسبه a باید تعداد مول‌های اکسیژن را در دو طرف مساوی قرار دهیم:

$$1/2 \times a \times 2 = 12 + 3 \Rightarrow a = \frac{15}{2 \times 1/2} = \frac{15}{2/4} = 6/25$$

$$\text{نسبت مولی} = \frac{1}{1/2 \times 6/25 \times 4/76} = 0.03$$

۱۶۳- گزینه «۴»

ضریب ژول - تامسون برابر است با:

$$\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_h = -\frac{1}{C_p} \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T$$

$$\mu = \frac{aT^2}{C_p} = -\frac{1}{C_p} \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T \Rightarrow \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = -aT^2$$

۱۶۴- گزینه «۳»

در سیکل بازگشت‌پذیر (سیکل کارنو) راندمان برابر است با:

$$\eta_{\text{کارنو}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{850} = 0.647$$

بیشترین میزان کار در سیکل برگشت‌پذیر اتفاق می‌افتد.

$$\eta_{\text{کارنو}} = \frac{W}{Q_H} \Rightarrow W = 0.647 \times 600 \text{ kJ} = 388 \text{ kJ}$$

برای بازگشت ناپذیر بودن باید مقدار کار کمتر از این اندازه باشد. پس گزینه ۳ صحیح است.

۱۶۵- گزینه «۲»

$$\Delta s = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1} \xrightarrow{\text{همدما}} \Delta s = R \ln \frac{p_1}{p_2}$$

باتوجه به عبارت $\Delta s = R \ln \frac{p_1}{p_2}$ مشخص است که تغییر آنتروپی به نوع گاز وابسته نیست چون R ثابت جهانی گازها و p_1 و p_2 فشار است.

چون دما ثابت است پس عبارت $C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$ یا صفر می شود بنابراین وابستگی به دما و C_v و C_p وجود ندارد.

۱۶۶- گزینه «۱»

با توجه به فرمول:

$$\Delta s = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1}$$

چون فرآیند خفگی، آنتالپی ثابت است و همچنین گاز مورد نظر، گاز ایده آل می باشد پس $T_2 = T_1$. در نتیجه:

$$\Delta s = -R \ln \frac{p_2}{p_1}$$

۱۶۷- گزینه «۳»

با توجه به قانون رابطه اول برای سیستم های جریان یکنواخت و عبارت آدیاباتیک، خالی بودن مخزن گاز و کامل بودن هوا به رابطه زیر می رسیم:

$$h_i = u_2 = C_p T_i = C_v T_2 \Rightarrow T_2 = \gamma T_i$$

که T_2 درجه حرارت نهایی هوا در محفظه و T_i درجه حرارت ورودی است.

$$T_2 = 1/4 \times (273 + 27) = 1/4 \times 300 = 75^\circ \text{K}$$

$$T_2 = 75^\circ - 273 = -198^\circ \text{C}$$

۱۶۸- گزینه «۴»

از رابطه نیرو با گشتاور داریم داریم:

$$T = F \cdot r, \quad F = \tau \cdot A, \quad \tau = \mu \frac{\Delta u}{\Delta r}, \quad A = 2\pi r L$$

در نتیجه طبق معادلات فوق خواهیم داشت:

$$T = F \cdot r = \tau \cdot A \cdot r = \mu \frac{\Delta u}{\Delta r} \times 2\pi r L \times r = \mu \times \frac{r\omega - 0}{t} \times 2\pi r L \times r \Rightarrow T = \frac{2\pi r^3 \omega L \mu}{t}$$

از رابطه به دست آمده فوق چنین استنباط می‌شود که گشتاور با توان سوم شعاع رابطه مستقیم دارد یعنی:

$$\frac{T_r}{T} = \left(\frac{r_r}{r}\right)^3 = \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8} \Rightarrow T_r = \frac{1}{8} T_1$$

۱۶۹- گزینه «۱»

نیروی برآیند ناشی از فشار هیدرواستاتیک وارده از طرف مایع بر سطح دريچه نیم مربع $(F_x)_L = \gamma_1 h A_1 = \gamma_1 \times R \times (2R \times 1) = 2\gamma_1 R^2$

نیروی برآیند ناشی از فشار هیدرواستاتیک وارده از طرف مایع بر سطح دريچه نیم دایره $(F_x)_R = \gamma_2 h A_2 = 0.5 \gamma_1 \times \frac{R}{2} \times (R \times 1) = 0.25 \gamma_1 R^2$

از تعادل نیروها داریم:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow (F_x)_L = (F_x)_R - F_A = 0$$

$$F_A = 2\gamma_1 R^2 - 0.25\gamma_1 R^2 \Rightarrow F_A = 1.75\gamma_1 R^2$$

۱۷۰- گزینه «۲»

داریم: (° = لنگر ممنتوم ورودی) و لنگر ممنتوم دو خروجی = گشتاور نیرو نسبت به ورودی

$$Fd = \left(\frac{\dot{m}}{2}\right)V \times r + \left(\frac{\dot{m}}{2}\right)V \times r \Rightarrow Fd = \dot{m}Vr = \rho AV^2 r \Rightarrow F(0.7) = 1000 \times 2 \times 10 \times 10^{-4} \times 50^2 \times 0.7 \Rightarrow F = 7500 \text{ N}$$

۱۷۱- گزینه «۳»

با توجه به اشکال فوق، بر روی سطح آزاد مایع در مخازن A و C در هنگام تخلیه همواره فشار اتمسفر وجود دارد و اعمال می‌شود. در مورد مخزن B باید گفت که در هنگام تخلیه در بالای مخزن خلاء نسبی به وجود می‌آید و لذا این اختلاف فشار (فشار بالای مخزن که خلاء نسبی می‌باشد و فشار پائین مخزن در قسمت شیر تخلیه که فشار اتمسفر می‌باشد) باعث می‌شود که سرعت تخلیه کمتر شده و بنابراین زمان تخلیه این مخزن از دو مخزن دیگر بیشتر خواهد بود.

۱۷۲- گزینه «۲»

اگر سیستم با شتاب ثابت به طرف راست حرکت کند، سطح مایع غیرواقعی شده و ارتفاع آن در سمت چپ بالا می‌آید و لذا بادکنک به سمت چپ منحرف می‌شود و نیروی کشش نخ افزایش می‌یابد.

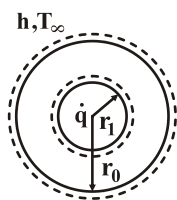
۱۷۳- گزینه «۱»

گرادیان فشار معکوس (افزایش فشار در جهت جریان) شرط لازم برای ایجاد جدایش لایه مرزی و ایجاد جریان برگشتی است و لذا $\frac{dp}{dx} > 0$ به عبارت دیگر جدائی فقط زمانی رخ می‌دهد که گرادیان فشار معکوس وجود داشته باشد ولی در نقطه جدایی جریان $\frac{dp}{dx} = 0$ می‌باشد.

۱۷۴- گزینه «۳»

در صفحه مسطح، افزایش زبری باعث درهم شدن جریان و در نتیجه افزایش نیرو (ضریب) دراگ می‌شود. در استوانه نیز افزایش زبری جریان را درهم کرده و جریان درهم باعث به تأخیر افتادن جدایش می‌شود و لذا افت فشار در پشت استوانه نیز کمتر خواهد شد و در نتیجه نیرو (ضریب) دراگ کاهش می‌یابد.

۱۷۵- گزینه «۳»



$$r_i = 5 \text{ mm}, r_o = 10 \text{ mm}$$

شکل مسئله بالا به صورت روبرو می‌باشد:

$$\dot{q} = 10 \frac{\text{kw}}{\text{m}^2}$$

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$$

با نوشتن موازنه انرژی برای مسئله روبرو، حجم کنترل نیز حجم داخل خط‌چین‌ها می‌باشد، E_{in} انرژی ناشی از انرژی تولیدی است و \dot{E}_{out} ناشی از انرژی جابجایی است:

$$\dot{q} \times V = hA(T_s - T_{\infty})$$

V حجم کره داخل است و A مساحت سطح بیرونی است.

$$V = \frac{4}{3}\pi r_i^3, A = 4\pi r_o^2$$

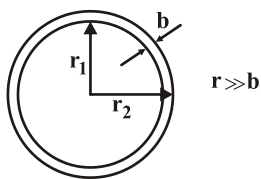
$$\dot{q} \times \frac{4}{3}\pi r_i^3 = h \times 4\pi r_o^2 (T_s - T_{\infty})$$

$$10 \times \frac{1}{3} \times (\delta \times 10^{-3})^3 = 25 \times (10 \times 10^{-3})^2 (T_s - T_{\infty})$$

$$10 \times \frac{125}{3} \times 10^{-9} = 25 \times 10^{-4} (T_s - T_{\infty}) \quad \frac{50}{3} = T_s - T_{\infty} \Rightarrow T_s = 41.7^\circ\text{C}$$

۱۷۶- گزینه «۳»

مقاومت گرمایی برای یک کره برای انتقال حرارت هدایت:



$$r \gg b$$

$$R = \frac{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}}{4\pi k}$$

در این مسئله $r_2 = b + r_1$ در نتیجه:

$$R = \frac{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_1 + b}}{4\pi k} = \frac{\frac{r_1 + b - r_1}{(r_1 + b)r_1}}{4\pi k} = \frac{b}{4\pi(r_1)r_1 k}$$

$$\Rightarrow R = \frac{b}{4\pi r_1^2 k}$$

سطح مقطع داخلی کره برابر $A = 4\pi r_1^2$

$$\Rightarrow R = \frac{b}{AK}$$

۱۷۷- گزینه «۳»

با توجه به اینکه گلوله از ارتفاع زیادی رها می‌شود در لحظه ورود به آب سرعت زیادی دارد بنابراین عدد بی‌بعد رینولدز $Re_D = \frac{Ud}{\nu}$ زیاد است. رفته رفته در اثر مقاومت آب سرعت آن کاهش می‌یابد. بنابراین Re_D کاهش می‌یابد بنابراین معادله تیاکر (برای جریان روی کره)

$$\overline{Nu}_D = 2 + \left[0.4 Re_D^{1/4} + 0.6 Re_D^{1/2} \right] Pr^{1/4} \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{1/4}$$

بنابراین عدد ناسلت متوسط کاهش می‌یابد، پس \bar{h} یعنی ضریب انتقال حرارت متوسط بین گلوله و آب کاهش می‌یابد. اما پس از اینکه به سرعت حد می‌رسد در نتیجه عدد ناسلت ثابت باقی می‌ماند پس ضریب انتقال حرارت متوسط بین گلوله و آب ثابت باقی می‌ماند.

۱۷۸- گزینه «۴»

ترموکوپل وسیله‌ای است که از آن برای اندازه‌گیری دما استفاده می‌شود و مکانیزم عمل آن براساس تبدیل اختلاف دما به اختلاف پتانسیل و ایجاد جریان الکتریکی است.

ترموکوپل که در نظر داریم، در محیطی با دمای T_{∞} قرار گرفته است و هدف اندازه‌گیری T_{∞} است. با استفاده از معادله $\frac{T(t) - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = e^{-\frac{t}{\tau}}$ می‌توان گفت که با صفر شدن $e^{-\frac{t}{\tau}}$ ترموکوپل دقیقاً دمای محیط را نشان می‌دهد ($T = T_{\infty}$) و داریم:

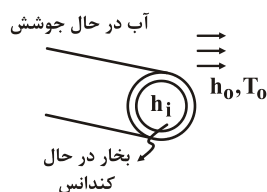
$$\tau \rightarrow \infty \Rightarrow e^{-\frac{t}{\tau}} \rightarrow 0 \Rightarrow T = T_{\infty}$$

بنابراین برای کوتاه بودن پاسخ ترموکوپل ثابت زمانی آن (τ) باید کوچک‌تر باشد و با توجه به تعریف ثابت زمانی که به شکل $\tau = \frac{\rho VC}{hA} = \frac{mc}{hA}$ است. نتیجه می‌گیریم که باید جرم ترموکوپل به ازای واحد مسطح آن کم باشد. بنابراین دانسیته، طول مشخصه، در نهایت جرم و ظرفیت گرمایی ویژه باید کم باشد.

۱۷۹- گزینه «۴»

$$\Sigma R_t = \frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_o}$$

مقاومت گرمایی:



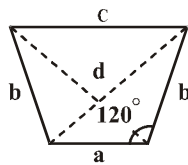
h_i : ضریب جابجایی بخار آب در حالت کندانس

h_o : ضریب جابجایی آب در حالت جوشش

Δx : ضخامت لوله فلزی، k : ضریب رسانش لوله.

در داخل لوله و بیرون لوله میعان صورت می‌گیرد که در هر دو مورد به علت تغییر فاز، مقدار h بالاست. لذا مقاومت در برابر انتقال حرارت پائین است و نمی‌توان از یک مقاومت در برابر دیگری صرف‌نظر کرده مقاومت جداره فلزی نیز ناچیز است. به دو دلیل: ۱- اکثر فلزات به کار رفته، k بالایی دارند مانند مس و آلومینیوم و ۲- ضخامت جداره لوله کم است پس $\frac{\Delta x}{k} \rightarrow 0$. لذا مقاومت جداره فلزی در حدی نیست که کنترل کننده باشد.

۱۸۰- گزینه «۲»



با استفاده از روش ریسمان ضریب شکل این مسئله را تعیین می کنیم.

روش ضربدری یا ریسمان های متقاطع روشی برای تعیین ضریب شکل های سطوحی که در یک جهت دارای طول زیاد هستند به کار می رود.

$$F_{ij} = \frac{\Sigma(\text{مجموع طول خطوط متقاطع}) - \Sigma(\text{مجموع طول غیرمتقاطع})}{\text{دو برابر خط روی سطح } i \text{ ام}}$$

$$F_{ac} = \frac{(rd) - (rb)}{ra} \quad d = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos 120^\circ} = \sqrt{a^2 + b^2 + ab} \Rightarrow F_{ac} = \frac{\sqrt{a^2 + b^2 + ab} - b}{a}$$

۱۸۱- گزینه «۳»

$$W = \int_1^2 P dV = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n}$$

$$P_1 = 200 \text{ kPa} , \quad V_1 = 0.3 \text{ m}^3 , \quad T_1 = 127^\circ \text{C}$$

با فرض گاز کامل بودن:

$$mR = \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{200 \times 0.3}{127 + 273} = \frac{60}{400}$$

$$\Rightarrow W = \frac{mR(T_2 - T_1)}{1-n} = \frac{\frac{60}{400}(100)}{1-\frac{1}{3}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{60}{400} \times 100$$

$$W = \frac{3 \times 60}{2 \times 4} = \frac{90}{4} = \frac{45}{2} = 22.5 \text{ kJ}$$

۱۸۲- گزینه «۲»

$$\text{کار تلف شده} = T_o \Delta S - Q , \quad \Delta S_{\text{sys}} = mc \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S_{\text{sys}} = 5 \times 0.4 \ln \frac{25 + 273}{900} = 2 \ln \frac{298}{900} = -2 \times 1.1 = -2.2$$

$$Q = mc \Delta T = 5 \times 0.4 \times (298 - 900) = 2 \times (-602) = -1204$$

$$\text{کار تلف شده} = T_o \Delta S - Q$$

$$\text{کار تلف شده} = 298 \times (-2.2) + 1204 = 548.4 \text{ J}$$

۱۸۳- گزینه «۱»

$$dH = Tds + vdp \Rightarrow C_p dT = Tds + vdp \xrightarrow{p=cte} C_p dT = Tds$$

$$C_p = T \left(\frac{ds}{dT} \right)_{p=cte} = 400 \text{ K} \left(\frac{0.6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}}{20 \text{ K}} \right) = \frac{4 \times 6}{2} = 12 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

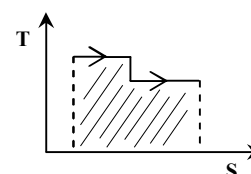
۱۸۴- گزینه «۱»

$$\text{کار انجام شده} = \text{مساحت شکل داده شده در سوال} = (600 - 400) \times 10 + (500 - 400) \times 10$$

$$\text{کار انجام شده} = 2000 + 1000 = 3000 \text{ kJ}$$

$$\text{مساحت زیر نمودار روبرو} = \text{گرمای گرفته شده}$$

$$\text{گرمای گرفته شده} = 600 \times 10 + 500 \times 10 = 6000 + 5000 = 11000$$



۱۸۵- گزینه «۴»

$$\begin{cases} \Delta s = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \\ \Delta s = -R \ln \frac{P_2}{P_1} = -R \ln \frac{1}{3} = R \ln 3 \end{cases}$$

در فرآیند اختناق آنتالپی ثابت است، چون گاز ایده‌آل است با ثابت بودن آنتالپی دماها ثابت است پس قسمت $C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$ حذف می‌شود و

قسمت $-R \ln \frac{P_2}{P_1}$ باقی می‌ماند.

۱۸۶- گزینه «۴»

حداکثر کارایی برای وقتی است که یخچال در سیکل کارنو کار کند که در این صورت:

$$\text{cop} = \frac{|Q_H|}{w} = \frac{T_H}{T_H - T_C} = \frac{۳۰۰}{۴۷} = ۶/۳۸$$

۱۸۷- گزینه «۲»

مطابق با قانون سوم نیوتن در مرز مشترک دو مایع، تنش برشی در آنها با هم برابر می‌باشد. لذا خواهیم داشت:

$$\tau_A = \tau_B \Rightarrow \mu \left(\frac{dV}{dy} \right)_A = \mu_B \left(\frac{dV}{dy} \right)_B$$

$$\mu_B > \mu_A \Rightarrow \mu_A \left(\frac{dV}{dy} \right)_B < \left(\frac{dV}{dy} \right)_A$$

از نامساوی به دست آمده فوق چنین استنباط می‌شود که توزیع سرعت در هر دو لایه خطی و گرادیان سرعت دو مایع B کوچکتر از مایع A است.

۱۸۸- گزینه «۱»

از قانون بقاء جرم (معادله پیوستگی) داریم:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_r + \dot{m}_r$$

$$\rho V_1 A_1 = \rho V_r A_r + \rho V_r A_r$$

$$\Rightarrow V_1 \times \frac{\pi}{4} (0/15)^2 = 12 \times \frac{\pi}{4} (0/1)^2 + 12 \times \frac{\pi}{4} (0/75)^2 \Rightarrow V_1 = 8/33 \left(\frac{m}{s} \right)$$

از معادله ممتموم در جهت X داریم:

$$P_1 A_1 + F_x = -\dot{m} V_1 + -\dot{m}_r V_r \cos 15^\circ + \dot{m}_r V_r \cos 30^\circ \quad (a)$$

برای یافتن P_1 از معادله برنولی استفاده می‌کنیم لذا نقطه (۱) را محل انشعاب در لوله اول و نقطه (۲) را در خروجی لوله دوم انتخاب می‌کنیم:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + y_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + y_2 \Rightarrow \frac{P_1}{9806} + \frac{8/33^2}{2 \times 9.81} = \frac{12^2}{2 \times 9.81} \Rightarrow P_1 = 37290/34 \text{ (Pa)}$$

$$\text{داریم (a) از معادله (a): } 37290/34 \times \frac{\pi}{4} \times 0/15^2 + F_x = 1000 \times \frac{\pi}{4} [-8/33^2 \times 0/15^2 + 12^2 \times 0/1^2 \times \cos 15^\circ + 12^2 \times (0/75)^2 \times \cos 30^\circ]$$

$$\Rightarrow F_x = -241/8 \text{ (N)} \quad \text{و} \quad K_x = -F_x = 241/8 \text{ (N)} \quad \text{نیروی وارده از طرف سیال}$$

۱۸۹- گزینه «۳»

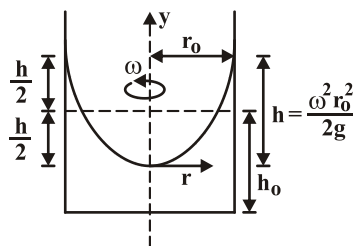
بیشترین فشار بر روی جداره استوانه قرار دارد بنابراین:

$$P_{\max} = \gamma(h_o + \frac{h}{\gamma}) = \rho g(h_o + \frac{\omega^2 r_o^2}{4g})$$

$$\omega = \gamma \pi \times \frac{90}{60} = \gamma \pi (\frac{\text{rad}}{\text{s}})$$

$$P_{\max} = 1000 \times 10 \cdot [1 + \frac{(\gamma \pi)^2 \times (0/6)^2}{4 \times 10}]$$

$$\Rightarrow P_{\max} = 17994/4 (\text{Pa}) \Rightarrow P_{\max} \approx 18 (\text{kPa})$$



در نتیجه:

۱۹۰- گزینه «۳»

از رابطه داری و ایسباخ داریم:

$$H_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}, \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$H_L = f \frac{L}{D} \times \frac{(\frac{4Q}{\pi D^2})^2}{2g} = \frac{16fLQ^2}{g\pi^2 D^5}$$

$$f_A = f_B, \quad L_A = L_B, \quad D_A = 1/2 D_B$$

$$Q_A = Q_B: \text{در لوله‌های سری}$$

$$\frac{(H_L)_A}{(H_L)_B} = \frac{(D_B)^5}{(D_A)^5} = (\frac{1}{1/2})^5 = 0/402$$

با توجه به صورت مسئله فوق:

۱۹۱- گزینه «۱»

در جریان درهم با افزایش سرعت سیال، عدد رینولدز نیز افزایش یافته و با توجه به نمودار مودی و یا رابطه بلازیوس ($f = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}$) ضریب اصطکاک کاهش می‌یابد. همچنین با استفاده از رابطه داریسی - وایسباخ ($h_{fs} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g_c}$)، افزایش سرعت باعث افزایش h_{fs} خواهد شد (افزایش V^2 بیشتر از کاهش f تأثیر گذار است)

۱۹۲- گزینه «۳»

با نوشتن معادله برنولی بین نقاط (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_L, \quad H_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

برای طبق صورت مسئله:

$$D_1 = D_2 \Rightarrow V_1 = V_2 = V$$

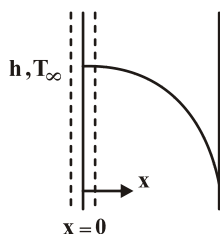
$$\frac{400 \times 10^3}{9810} = \frac{150 \times 10^3}{9810} + 20 + 0.025 \times \frac{200}{D} \times \frac{1/5^2}{2 \times 9.81}$$

$$\Rightarrow D = 0.10455 \text{ m} = 104.55 \text{ mm}$$

۱۹۳- گزینه «۴»

گردابه‌های ایجاد شده بعد از نقطه جدایش در هنگام عبور جریان سیال از روی جسم، به دلیل وجود گرادیان شدید سرعت در طول سطح جدایش است.

۱۹۴- گزینه «۴»



در ابتدا موازنه انرژی را برای سطح کنترل ترسیم شده در نظر می‌گیریم.

میزان انرژی ناشی از هدایت با انرژی جابجایی برابر است.

$$E_{in} = E_{out}$$

$$-kA \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = hA(T - T_{\infty})|_{x=0}$$

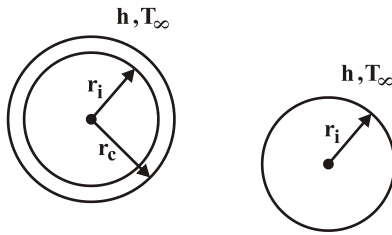
$$T(x=0) = 50^{\circ}\text{C}, \quad \frac{\partial T}{\partial x} = -10/1x \rightarrow \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = -10$$

$$-10 \times (-1) = h(50 - 27)$$

$$10 = 23 \times h \rightarrow h = 10/23 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

۱۹۵- گزینه «۴»

در شرایطی که عایق نداریم:



$$q_o = \frac{\Delta T}{R_o}$$

$$R_o = \frac{1}{4\pi r_i^2 h}$$

$$q = \frac{\Delta T}{R}, R = \frac{1}{4\pi r_c^2 h} + \frac{1}{4\pi k} \left(\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_c} \right)$$

در شرایطی که عایق داریم:

شعاع بحرانی در کره از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$r_c = \frac{rk}{h} = \frac{2 \times 0.2}{4} = 0.1 \text{ m}$$

$$R_o = \frac{1}{4\pi r_i^2 h} = \frac{1}{4\pi (0.05)^2 \times 4}$$

قطر کره $r_i = 5 \text{ cm} \leftarrow 10 \text{ cm}$

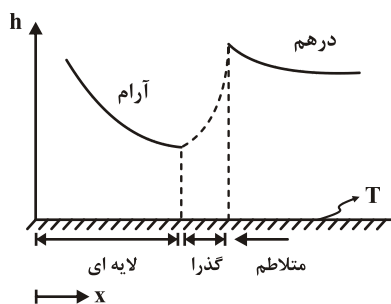
$$R = \frac{1}{4\pi k} \left(\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_c} \right) + \frac{1}{4\pi r_c^2 h} = \frac{1}{4\pi \times 0.2} \left(\frac{1}{0.05} - \frac{1}{0.1} \right) + \frac{1}{4\pi (0.1)^2 \times 4}$$

چون ΔT ثابت باقی می‌ماند:

$$\frac{q}{q_o} = \frac{R_o}{R} = \frac{\frac{1}{4\pi \times 4 \times 0.05^2}}{\frac{1}{4\pi \times 0.2} \left(\frac{1}{0.05} - \frac{1}{0.1} \right) + \frac{1}{4\pi \times 0.1^2 \times 4}} = \frac{\frac{1}{4 \times 10^{-4} \times 25}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = \frac{100}{75} = \frac{4}{3}$$

۱۹۶- گزینه «۱»

هرگاه جریان آرام باشد و شار حرارتی ثابت باشد، با پیشروی در طول صفحه h کاهش می‌یابد. بنابراین $T_w - T_\infty$ افزایش می‌یابد. پس اختلاف دما در ابتدای صفحه کمتر از وسط صفحه است.



$$q_s'' = h(T_s - T_\infty) = -k_f \frac{\partial T}{\partial x}$$

بنابراین در شرایطی که خصوصیات سیال ثابت باقی بماند و شار ثابت: $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$.

یعنی گرادیان‌ها بر روی صفحه در جهت عمود بر صفحه ثابت باقی می‌ماند.

۱۹۷- گزینه «۲»

در ابتدا برای بررسی وضعیت و شرایط تغییر دمایی در داخل لوله عدد رینولدز را محاسبه می‌کنیم:

$$Re = \frac{U \cdot d}{\nu} = \frac{0.5 \times 10^{-2}}{26/4 \times 10^{-6}} = 189/4$$

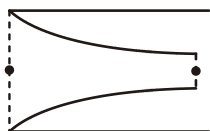
جریان در داخل لوله در شرایطی که $Re < 2300$ باشد آرام محسوب می‌شود.

بنابراین جریان آرام است. در جریان آرام طول ناحیه ورودی گرمایی برابر است با:

$$\left(\frac{x_t}{d}\right) = 0.5 \times Re_d \times pr = 0.5 \times 189/4 \times 0.7 = 6/63$$

بنابراین طول ناحیه ورودی گرمایی: $x_t = 6/63 \text{ cm} = (x_t)$.

اما طول لوله برابر 5 cm است بنابراین لایه‌های مرزی گرمایی همگرا نمی‌شود و سیال همچنان در ناحیه توسعه نیافته است. بنابراین دما در مرکز لوله در هنگام خروج از لوله و در وسط لوله با هم برابر است با T_o .

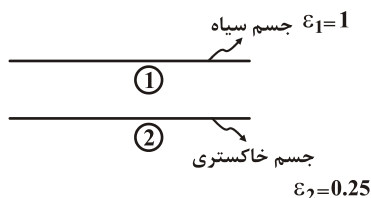


۱۹۸- گزینه «۱»

خالص انتقال حرارت بین دو جسم برابر است:

$$q_{1-2} = \frac{\sigma(T_1^f - T_2^f)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} = \epsilon_2 \sigma(T_2^f - T_1^f)$$

(چون دو سطح بی‌نهایت هستند ضرایب شکل برابر ۱ هستند).



$$Q_{1-2} = \epsilon_1 A \sigma T_1^f, \quad Q_{2-1} = \epsilon_2 A \sigma T_2^f$$

$$= A \sigma T_1^f, \quad = 0.25 A \sigma T_2^f$$

$$Q_{1-2} = A e_1, \quad \frac{Q_{2-1}}{A} = e_2 = 0.25 \sigma T_2^f$$

$$\frac{Q_{1-2}}{A} = e_1 = \sigma T_1^f = \sigma(1 \dots f)$$

$$e_2 = \frac{Q_{2-1}}{A} = 0.25 \sigma (f \dots) = f^f \times \frac{1}{f} \sigma \times 1 \dots f = f^f e_1$$

$$\Rightarrow e_2 = f^f e_1 \rightarrow e_1 = \frac{1}{f^f} e_2$$

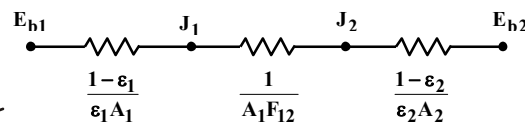
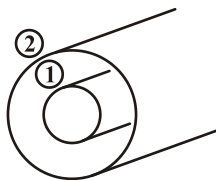
$$q_{2-1net} = e_2 - \frac{1}{f} e_1 = f^f e_1 - \frac{1}{f} e_1 = \frac{f^{ff} - 1}{f} e_1 = \frac{f^{ff} - 1}{f^{ff}} e_2$$

۱۹۹- گزینه «۴»

برای دو سطح خاکستری، دیفیوز و مات:

چون دو سطح سیاه هستند $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 1$ در نتیجه ترم‌های اول و سوم برابر صفر

هستند. و چون $F_{12} = 1$ است. بنابراین:



$$\Rightarrow q_{12} = \frac{E_{b1} - E_{b2}}{\frac{1-\epsilon_1}{\epsilon_1 A_1} + \frac{1}{A_1 F_{12}} + \frac{1-\epsilon_2}{\epsilon_2 A_2}}$$

$$q_{12} = A_1 \sigma (T_1^f - T_2^f) = (2\pi r_1 L) \sigma (T_1^f - T_2^f)$$

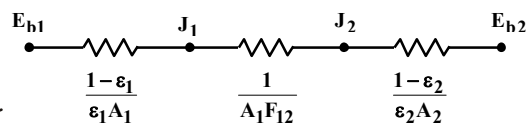
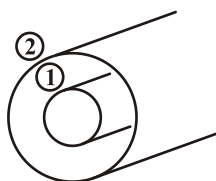
بنابراین میزان انتقال حرارت موازنه شده تنها به سطح استوانه داخلی بستگی دارد. و به سطح استوانه بیرون بستگی ندارد، بنابراین با افزایش شعاع استوانه خارجی تغییری در میزان انتقال حرارت موازنه شده ایجاد نخواهد شد.

۲۰۰- گزینه «۴»

برای دو سطح خاکستری، دیفیوز و مات:

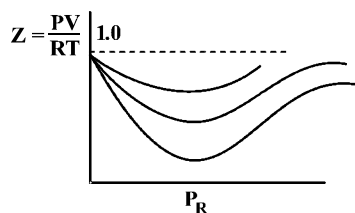
چون دو سطح سیاه هستند $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 1$ در نتیجه ترم‌های اول و سوم برابر صفر

هستند. و چون $F_{12} = 1$ است. بنابراین:



$$\Rightarrow q_{12} = \frac{E_{b1} - E_{b2}}{\frac{1-\epsilon_1}{\epsilon_1 A_1} + \frac{1}{A_1 F_{12}} + \frac{1-\epsilon_2}{\epsilon_2 A_2}}$$

$$q_{12} = A_1 \sigma (T_1^f - T_2^f) = (\pi L) \sigma (T_1^f - T_2^f)$$



۲۰۱- گزینه «۲»

Z طبق نمودار مقابل همیشه کمتر از ۱ است.

$$P_1 V = RT$$

گاز ایده‌آل

رابطه تراکم پذیری:

$$P_1 V = ZRT \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = Z < 1$$

چون $Z < 1$ است پس $P_1 > P_2$

۲۰۲- گزینه «۴»

$$Q - W = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE$$

که KE انرژی جنبشی، PE انرژی پتانسیل است که تغییرات آنها صفر است لذا:

$$Q - W = \Delta U$$

کار مرزی در فرآیند فشار ثابت $W_b = P_o(V_2 - V_1)$ در نتیجه:

$$Q - W_{\text{other}} - W_b = U_2 - U_1$$

$$Q - W_{\text{other}} - P_o(V_2 - V_1) = U_2 - U_1$$

$$Q - W_{\text{other}} = (U_2 + P_o V_2) - (U_1 + P_o V_1)$$

که عبارت داخل پرانتزها H است.

$$Q - W_{\text{other}} = H_2 - H_1 \rightarrow Q = H_2 - H_1 + VAt$$

W_{other} کار گرمکن برقی است.

۲۰۳- گزینه «۱»

$$PV = mRT \Rightarrow V = \frac{10 \times 10^{-3} / 28 \times (273 + 27)}{200} = 4/2 \text{ m}^3$$

گاز ایده آل در مخزن صلب:

$$Q - W = \Delta u$$

کار انجام شده صفر است در نتیجه:

$$Q = \Delta u$$

هوا را گاز ایده آل فرض می کنیم:

$$Q = mC_v \Delta T = mC_v (T_2 - T_1)$$

برای پیدا کردن T_2 :

$$P_1 V = mRT_1 \rightarrow \text{فشار دو برابر می شود} \rightarrow T_2 = 2T_1$$

$$T_2 = 2 \times 300 = 600 \text{ K} = 327^\circ \text{C}$$

$$\rightarrow |Q| = 10 \times 10^{-3} / 7 \times 300 = 2100 \text{ kJ}$$

۲۰۴- گزینه «۲»

$$h_1 = u_1 + p_1 v_1 = 66 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0.2 \times 10^3 \text{ kPa} \times 0.03 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow h_1 = 66 + 6 = 72 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = h_2$$

۲۰۵- گزینه «۴»

$$\Delta s_{\text{آب}} = \frac{Q}{T_{\text{آب}}} = \frac{-600 \text{ kJ}}{100 + 273} = -1/61 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$\Delta s_{\text{محیط}} = \frac{Q}{T_{\text{محیط}}} = \frac{600 \text{ kJ}}{25 + 273} = +2/01 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$\Delta s_{\text{کلی}} = -1/61 + 2/01 = +0/4$$

تغییر آنتروپی کلی مثبت است، پس فرآیند برگشت ناپذیر می باشد.

۲۰۶- گزینه «۱»

$$dh = 0 \Rightarrow \mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_h$$

رابطه ضریب ژول - تامسون :

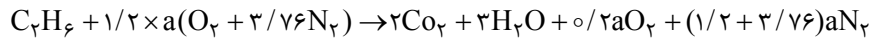
$$\Rightarrow C_p dT + [v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p] dp = 0$$

$$\Rightarrow \mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_h = \frac{-1}{C_p} [v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p]$$

۲۰۷- گزینه «۴»

$$\text{فشار جزئی} = \frac{N_{\text{water}}}{N_{\text{product}}} \cdot P_{\text{total}}$$

معادله احتراق:



که a ضریب استوکیومتری نظری هوا می باشد که این ضرایب از موازنه O_2 تعیین می شود.

$$O_2 : 1/2a = 2 + 1/5 + o/2a \rightarrow a = 3.5$$

پس:

$$N_{\text{product}} = 2 + 3 + o/7 + 15/79 + = 21/49 \quad \text{و} \quad N_{\text{water}} = 3$$

$$\text{فشار جزئی} \quad P_v = \frac{3}{21/49} \times 100 = 13/96 \text{ kPa} \approx 14 \text{ kPa}$$

۲۰۸- گزینه «۲»

از تعریف قانون لزجت نیوتن داریم:

$$\tau = \mu \frac{\Delta V}{h} \Rightarrow \tau = \mu \frac{0/1-0}{1 \times 10^{-3}} \Rightarrow \mu = 0/04 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}$$

با توجه به رابطه بین لزجت دینامیکی و لزجت سینماتیکی خواهیم داشت:

$$v = \frac{\mu}{\rho} \Rightarrow v = \frac{0/04}{1000} \Rightarrow v = 0/04 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

۲۰۹- گزینه «۳»

نقطه (۱) را محل پرتاب و نقطه (۲) را ماکزیمم ارتفاع انتخاب می کنیم و با نوشتن معادله برنولی بین این دو نقطه خواهیم داشت:

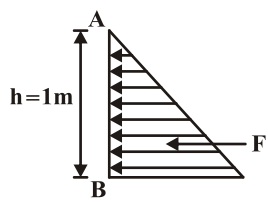
$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

$$P_1 = P_2 = P_{\text{atm}}$$

$$\Rightarrow Z_2 = h = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} = \frac{12^2 - (12 \cos 45)^2}{2 \times 9/81} \Rightarrow h = 3/67 \text{ m}$$

۲۱۰- گزینه «۲»

داریم:



$$P = \rho(g - a_z) \frac{h}{2}$$

$$\Rightarrow P = 1000 \times 1 \times \left(\frac{9.81}{2} - \frac{1}{2} \right) = 4405 \text{ Pa}$$

$$F = P \times A = 4405 \times (1 \times 1) \Rightarrow F = 4405 \text{ N}$$

۲۱۱- گزینه «۲»

باتوجه به عدد فرود خواهیم داشت:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{Lg}} \quad , \quad \left(\frac{V}{\sqrt{Lg}} \right)_p = \left(\frac{V}{\sqrt{Lg}} \right)_M \Rightarrow \left(\frac{L}{T^2} \right)_p = \left(\frac{L}{T^2} \right)_M \Rightarrow \left(\frac{L}{T^2} \right)_p = \left(\frac{L}{T^2} \right)_M$$

$$\Rightarrow \frac{T_p}{T_M} = \sqrt{\frac{L_p}{L_M}} = \sqrt{\frac{1}{4}} \Rightarrow \frac{T_p}{T_M} = \frac{1}{2}$$

۲۱۲- گزینه «۳»

افزایش زبری سطح بدنه اجسام بسته به شرایط دیگر نظیر نوع جریان و یا هندسه جسم، منجر به کاهش یا افزایش ضریب دراگ C_D خواهد شد.

۲۱۳- گزینه «۳»

طبق تعریف نیروی دراگ وارده از طرف سیال عبور کننده از روی جسم به آن، در امتداد جریان آزاد عبارتست از:

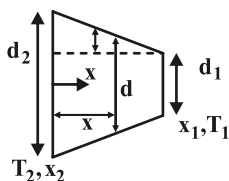
$$F_D = C_D \left(\frac{1}{2} \rho V^2 \right) A$$

A: سطح تصویر شده در امتداد عمود بر جریان

$$= 0.34 \times \frac{1}{2} \times 1.226 \times (33/3)^2 \times (80 \times 10) = 184892$$

۲۱۴- گزینه «۳»

در مسئله سه شرط زیر برقرار می باشد: ۱- حالت پایا ۲- بدون تولید گرما ۳- انتقال گرمایی یک بعدی در نتیجه q (انتقال حرارت) ثابت می باشد، بنابراین می توانیم از قانون فوریه انتگرال گیری کنیم.



$$q = -kA(x) \frac{dT}{dx}, x_r = 0, x_l = L \Rightarrow q \frac{dx}{A(x)} = -k dT, \frac{L-x}{L} = \frac{\frac{d-d_1}{2}}{\frac{d_r-d_l}{2}} \Rightarrow 1 - \frac{x}{L} = \frac{d-d_1}{d_r-d_l} \Rightarrow$$

$$d = d_l + \left(1 - \frac{x}{L}\right) (d_r - d_l) \quad d = d_l + d_r - d_l - (d_r - d_l) \frac{x}{L} = d_r - (d_r - d_l) \frac{x}{L}$$

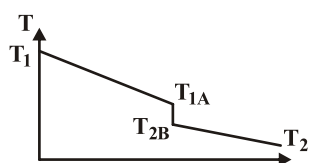
$$A(x) = \pi \frac{d^2}{4} = \frac{\pi}{4} (d_r - (d_r - d_l) \frac{x}{L})^2$$

$$q \int_{x_r}^{x_l} \frac{dx}{\frac{\pi}{4} (d_r - (d_r - d_l) \frac{x}{L})^2} = -k \int_{T_r}^{T_l} dT \rightarrow q \times \frac{4}{\pi} \times \left(+ \frac{L}{d_r - d_l} \right) \times \frac{1}{d_r - (d_r - d_l) \frac{x}{L}} \Big|_0^L$$

$$\frac{4}{\pi} q \left(\frac{L}{d_r - d_l} \right) \left(\frac{1}{d_l} - \frac{1}{d_r} \right) = k(T_r - T_l) \Rightarrow q = \frac{\pi k (T_r - T_l)}{4 L} d_l d_r$$

۲۱۵- گزینه «۲»

مقاومت گرمایی تماس عاملی است که سبب افت دما در سطح تماس بین مواد می‌شود.



T_1 : دمای سطح مجاور با کوره (برای دیواره ۱ است)

T_{1A} : دمای سطح دیواره ۱ در تماس با دیواره ۲ است.

T_{2B} : دمای سطح دیواره ۲ در تماس با دیواره ۱ است.

T_2 : دمای سطح دیواره ۲ در تماس با محیط اطراف است.

$$q = \frac{T_1 - T_{1A}}{R_A} = \frac{T_{1A} - T_{2B}}{R_{t,c}''} = \frac{T_{2B} - T_2}{R_B} = \frac{T_1 - T_2}{R_A + R_B + R_{t,c}''}$$

R_A مقاومت گرمایی دیواره ۱ که برابر با $8 \frac{K}{W}$ است و R_B مقاومت گرمایی دیواره ۲ با $4 \frac{K}{W}$ برابر می‌باشد.

$$\frac{700 - 300}{4 + 8 + R_{t,c}''} = \frac{5}{R_{t,c}''}, \quad 400 R_{t,c}'' = 60 + 5 R_{t,c}'' \quad , \quad 395 R_{t,c}'' = 60 \rightarrow R_{t,c}'' = 0.15 \frac{K}{W} \rightarrow q = \frac{5}{0.15} = 32.9 \text{ watt}$$

۲۱۶- گزینه «۲»

برای پره‌های طولانی داریم:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{kp}{hAc}} = \frac{q_f}{hA_{c,b} \theta_0} = \frac{\text{نرخ انتقال گرما با پره}}{\text{نرخ انتقال گرما بدون پره}}$$

(r : شعاع دایره) $A_c = \pi r^2$ دایره و $P = 2\pi r$ دایره

(a : ضلع مربع) $A_c = a^2$ مربع و $P = 4a$ مربع

در شرایط مسئله این است که مساحت دایره و مربع با هم برابر باشند : $\pi r^2 = a^2$ (مربع = ۱ ، دایره = ۲)

$$\Rightarrow \frac{r}{a} = \sqrt{\frac{1}{\pi}}$$

مربع k = دایره $2k$

$$\frac{\varepsilon_{\text{مربعی}}}{\varepsilon_{\text{دایروی}}} = \frac{\sqrt{\frac{kp}{hA}}_{\text{مربع}}}{\sqrt{\frac{kp}{hA}}_{\text{دایره}}} = \sqrt{\frac{k_1}{K_2}} \times \sqrt{\frac{P_1}{P_2}} \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{2} \times \sqrt{\frac{4a}{2\pi r}} \times \sqrt{\frac{\pi r^2}{a^2}} = 2 \sqrt{\frac{r^2 \pi a}{a^2 \pi r}} = 2 \sqrt{\frac{r}{a}} = 2 \sqrt{\frac{1}{\pi}} = \sqrt{\frac{16}{\pi}}$$

۲۱۷- گزینه «۴»

معادلات کلی انتقال گرما: (در شرایطی که k ثابت باشد و تولید انرژی و جابجایی وجود نداشته باشد).

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T$$

بنابراین در این مسئله چون مختصات جسم کارترین است:

$$T = \frac{1}{r} x^2 - y + \frac{1}{r} z^2 - xz - 2yz$$

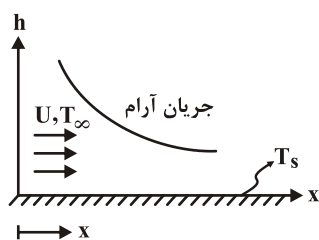
$$\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = x - z \rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 1, \quad \frac{\partial T}{\partial y} = -2y - 2z \rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = -2$$

$$\frac{\partial T}{\partial z} = +z - x - 2y \Rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 1 \Rightarrow \nabla^2 T = 1 - 2 + 1 = 0 \rightarrow \rho c \frac{\partial T}{\partial t} = 0 \rightarrow \frac{\partial T}{\partial t} = 0$$

بنابراین در هیچ نقطه‌ای از جسم با زمان تغییر نمی‌کند.

۲۱۸- گزینه «۲»



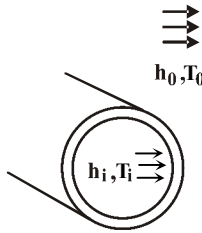
در جریان جابجایی اجباری روی یک صفحه تخت تغییرات h_x (به طور موضعی) در لبه ابتدایی صفحه حداکثر مقدار را دارد و با دور شدن از این لبه مقدار آن کاهش می‌یابد. هرگاه شار حرارتی ثابت باشد، $q'' = h(T_s - T_\infty)$ ، با پیشروی در طول صفحه h کاهش می‌یابد، بنابراین $T_s - T_\infty$ افزایش می‌یابد. پس اختلاف دما اختلاف‌ها در ابتدای صفحه کمتر از وسط صفحه است. بنابراین دمای انتها صفحه از همه جا بیشتر است. (در شرایطی که جریان آرام باقی بماند).

۲۱۹- گزینه «۳»

$$q = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad \text{گرمای عبوری بین دو سیال بیرونی و داخلی :}$$

که از طرفی برابر است با:

$$q = \frac{T_s - T_o}{\frac{1}{h_o}}$$



همان طور که در فرضیات مسئله بیان شده است Δx بسیار کم فرض شده است و دیواره از جنس فلزی شود اکثر فلزات به کار رفته، مانند مس و آلومینیوم k بالایی دارند. بنابراین $\frac{\Delta x}{k} \rightarrow 0$ از طرفی دیگر، $h_o \ll h_i$ بنابراین $\frac{1}{h_i} \ll \frac{1}{h_o}$ پس می توان از مقاومت گرمایی سیال داخلی صرف نظر کرد و تنها مقاومت تأثیرگذار مقاومت سیال بیرونی است، بنابراین

$$\frac{T_s - T_o}{\frac{1}{h_o}} = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{h_o}} \rightarrow T_s = T_i = 200^\circ \text{C}$$

یعنی دمای جداره لوله به دمای سیال داخل لوله نزدیک است.

۲۲۰- گزینه «۳»

با استفاده از قوانین حاکم بر تعیین ضریب شکل، در ابتدا از قانون جمع استفاده می کنیم: مجموعه ضریب شکل ها از سطح i یک محفظه N سطحی به کل سطوح محفظه شامل خود آن برابر ۱ است، بنابراین $F_{11} + F_{12} = 1$

از آنجایی که $F_{11} = 0$ (صفحه تخت) بنابراین $F_{12} = 1$

با توجه به قانون تقابل یا معکوس پذیری $A_1 F_{12} = A_2 F_{21}$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D}{2} \right)^2 \leftarrow \left(\frac{D}{2} \right) \text{ دایره ای به قطر}$$

$$\Rightarrow F_{21} = \frac{A_1}{A_2} F_{12} = \frac{A_1}{A_2}$$

مساحت نیمکره به قطر D

$$\Rightarrow F_{21} = \frac{\frac{\pi}{4} \left(\frac{D}{2} \right)^2}{\frac{1}{4} \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2} = \frac{1}{8} = 0.125$$

مساحت نیمکره به قطر D :

$$A_2 = \frac{1}{2} \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$$